This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

SCIENCE LIBRARY
QK
641
.D41

Sammlung Göschen

BUHR A
a39015 01802163 7b

# Ihr Bau und ihr Leben

Mit 20 Abbildungen

von

Dr. L. Dennert

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Stuttgart

1—9

1. Kl
fings
Mini
7. Le
logisch
u. dr

10a
und
Pro

10b
in

11 A

12 P

13 G

14 P
Ein
Th.

15 D
Vor

16 G
ku

17 A
v.

18 M
v.
heit
bild

19 R

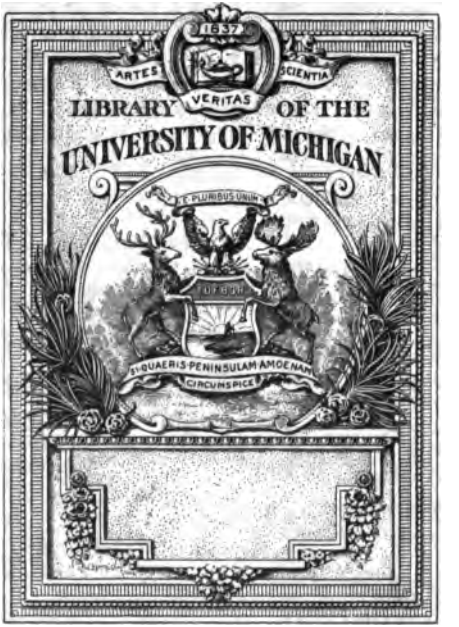
20 D

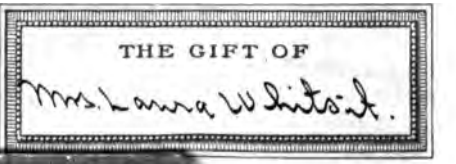
1837
ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

THE GIFT OF
Mrs. Laura Whitsit.

des
ter.

schichte an der Univers
2. Aufl.





# Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

32 **Deutsche Heldensage** von Dr. O. L. Jiriczek.

33 **Deutsche Geschichte** im Mittelalter von Dr. J. Kurze.

36 **Herder, Cid.** Herausg. von Dr. C. Naumann.

37 **Chemie, anorganische** von Dr. Jos. Klein.

38 **Chemie, organische** von Dr. Jos. Klein.

39 **Zeichenschule** mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 200 Voll- und Textbildern von A. Kimmich. 2. Auflage.

40 **Deutsche Poetik** von Dr. K. Borinski

41 **Geometrie** von Prof. Mahler. Mit 115 zweifarb. Fig.

42 **Urgeschichte der Menschheit** von Dr. M. Hörnes. Mit 48 Abbildgn.

43 **Geschichte des alten Morgenlandes** von Prof. Dr. Fr. Hommel. Mit 6 Bildern und 1 Karte.

44 **Die Pflanze,** ihr Bau u. ihr Leben v. Dr. W. Dennert. Mit 96 Abbildungen.

45 **Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch. Mit 7 Vollbildern.

---

Im Anschluß an die „Sammlung Göschen" sind erschienen:

**Klopstock, Messias.** Klein 8°. 2 Teile in 1 Bd. M. 2.60.

**Lessing, Hamburgische Dramaturgie.** Neue 8°-Ausg. M. 1.20.

**Lessing, Wie die Alten den Tod gebildet.** M 7 Holzschn. Einl. v. K. Goedeke 25 Pf.

**Platen, Gedichte.** Auswahl. Gebunden in Leinwand. M. 1.20.

---

**Erlaß der K. Kultministerial-Abteilung für Gelehrten- und Realschulen.**

„Die von der Göschen'schen Verlagshandlung in Stuttgart herausgegebene Sammlung von Schulausgaben aus dem Kreise sämtlicher Lehrfächer, von welcher bis jetzt 21 Bändchen erschienen sind, zeichnet sich nicht nur durch ihre äußere Ausstattung, was Druck, Papier und Einband betrifft, und den verhältnismäßig billigen Preis von 80 Pf. für das Bändchen vorteilhaft vor ähnlichen Schulausgaben aus, sondern dürfte sich auch deshalb zur Anschaffung besonders für Schüler empfehlen, sofern ihr Inhalt die Repetition und das eigene Studium derselben zu fördern geeignet ist." Stuttgart, 26. Juni 1890. Dorn.

Lehrerzeitg. f. Thüringen u. Mitteldeut

„Diese **dauerhaft** und **elegant gebundenen** kleinen Bücher *sehr handlichen* Format 16/11 cm. sind, wie aus obiger [illegible] *hervorgeht*, für Gymnasien, Realschulen, Lehrerseminare, höhere *schulen und* verwandte Anstalten bestimmt. Die von der

geschriebenen Einleitungen und Anmerkungen, die im einzelnen (Band 7—10) getroffene Auswahl, nicht minder der **sorgfältige, saubere Druck** verdienen **volle Anerkennung.** Es ist ein **dankenswertes Unternehmen** der Verlagshandlung, in dieser **wirklich schönen Ausstattung gediegene Schulbücher** auch für andere Unterrichtsgegenstände mit erscheinen zu lassen, wie die bekannte, durch den Neubearbeiter noch anschaulicher gewordene **Astronomie von Möbius.** Der Preis ist sehr gering."

Neue deutsche Schule: Ein sehr guter Gedanke, **Nibelungen** und **Kudrun** in geschickter Auswahl darzubieten! Denn beide im Original in ihrer ganzen Ausdehnung dem Schüler darzubieten ist ein Mißgriff — unter vielen anderen Gründen wegen der Gefahr der Langeweile. **Dr. Golther hat seine Aufgabe vortrefflich gelöst:** er bringt das Charakteristische zur Geltung, erläutert die **Grammatik des Mittelhochdeutschen** in gedrängter Kürze, fördert das Verständnis für die Geschichte der deutschen Sprache und fügt ein ausreichendes Wörterverzeichnis bei."

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: „Die sogenannte Sammlung Göschen zeichnet sich schon äußerlich vor manchen Schulbüchern vorteilhaft aus. **Gutes Papier, klarer Druck, handliches Taschenformat** (16 : 11 cm.), **dauerhafter, recht hübscher Leinenband und billiger Preis!** Wenn dieses alles das Unternehmen empfiehlt, so **noch mehr** der **treffliche Inhalt.** In knappster, aber doch allgemein verständlicher Form bietet uns **Dr. Fraas** die **Geologie.** Besonders aber hat uns das 14. Bändchen, welches die **Psychologie und Logik** enthält, ungemein angesprochen. **Elsenhans** versteht es, für diesen Lehrgegenstand Interesse zu erregen. Wer größere Werke nicht durchzunehmen vermag, wer halb Vergessenes auffrischen will, wer in Kürze Logik und Psychologie in den Grundzügen in leicht faßlicher Weise sich aneignen will, der greife zu diesem Büchlein. Er wird's nicht bereuen. **Lessings Philotas,** der bekanntlich in antikem Gewand den Geist des siebenjährigen Krieges und vor allem die Denkart Friedrichs des Großen schildert, und die Poesie des siebenjährigen Krieges sind echt patriotische und herzerfreuliche Gaben. Wir können für die Auswahl dankbar sein. Nach den vorliegenden Bändchen stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen."

Schwäbischer Merkur: Der bekannte Jenaer Pädagog **Prof. Dr. W. Rein** giebt in der „**Pädagogik** im Grundriß" eine **nicht nur lichtvolle,** sondern **geradezu fesselnde** Darstellung der praktischen und der theoretischen Pädagogik. Jedermann, der sich für Erziehungsfragen interessiert, darf man das Büchlein **warm empfehlen.** Nicht minder trefflich ist die *Bearbeitung,* welche der Marburger Germanist Kauffmann der **Deutschen** *Mythologie gewidmet hat.* Sie beruht durchaus auf den **neuesten** *Forschungen, wie sich an nicht* wenigen Stellen, z. B. in dem schönen *Artikel über Baldr,* **erkennen** läßt. Den **tadellosen Druck** und die **gute Ausstattung** der „Sammlung Göschen" darf man im Hinblick **auf den billigen Preis** doppelt betonen.

# Kleine
# naturwissenschaftliche Bibliothek.

Jedes Bändchen in eleg. Leinwdbd. 80 Pfg.

Bdch. I. **Der menschliche Körper,** sein Bau und seine Thätigkeiten von Direktor E. Rebmann, nebst kurzer **Gesundheitslehre** von Dr. Seiler. 2. Aufl. mit 48 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 18.

„ II. **Tierkunde** von Dr. Frz. von Wagner. Mit etwa 80 Abbildungen. In Vorbereitung.

„ III. **Die Pflanze,** ihr Bau und ihr Leben von Dr. E. Dennert. Mit 96 Original-Abbildungen. Sammlung Göschen No. 44.

„ IV. **Mineralogie** von Dr. H. Brauns. Mit 130 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 29.

„ V. **Geologie** von Dr. E. Fraas. 2 Aufl. mit 66 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 13.

„ VI. **Physikalische Geographie** von Prof. Dr. Siegmund Günther. Mit 29 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 26.

„ VII. **Chemie, anorganische** von Dr. Jos. Klein. Sammlung Göschen No. 37.

„ VIII. — **organische** von Dr. Jos. Klein. Sammlung Göschen No 38.

„ IX. X. **Physik.** In Vorbereitung.

„ XI. **Elektricität** von Dr. G. Albrecht. In Vorber.

Sammlung Göschen

# Die Pflanze

## ihr Bau und ihr Leben

von

Dr. Eberhard Dennert

Mit 96 Originalabbildungen des Verfassers

Stuttgart
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1895

Das Ueberſetzungsrecht vorbehalten.

Science Library

## Litteratur.

A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsor der Phanerogamen und Farne. Leipzig. W. Engelmann. 1

E. Strasburger, Das botaniſche Praktikum. Anleitung Selbſtſtudium d. mikroſk. Botanik. Jena. G. Fiſcher.

K. Goebel, Vergleichende Entwickelungsgeſchichte der Pflar organe. Breslau. E. Trewendt. 1883.

F. Pax, Allg. Morphologie der Pflanzen. Stuttgart. F. ( 1890.

E. Dennert, Vergleichende Pflanzenmorphologie. Lei J. J. Weber. 1894.

J. Sarlis, Vorleſungen über Pflanzenphyſiologie. Lei W. Engelmann. 1887.

A. Kerner, Pflanzenleben. Leipzig. Bibliogr. Inſtitut. 2 1888 und 1891.

A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig. W. Engelm 2 Bde. 1892 und 1893.

Druck von Carl Rembold, Heilbronn.

3-9-62

# Inhalt.


Seite

Vorwort . . . . . 7
Einleitung . . . . . 9

I. Vom inneren Bau der Pflanze (Anatomie).

1. Die Zelle, das Elementarorgan . . . . . 10
2. Der Bau der Zelle . . . . . 11
3. Gefäße und Röhren . . . . . 16
4. Die Gewebearten . . . . . 17
   a) Das Hautgewebe . . . . . 19
   b) Das Grundgewebe . . . . . 20
   c) Das Stranggewebe . . . . . 20
5. Das Dickenwachstum . . . . . 22
6. Auswurfstoffe . . . . . 27
7. Der Bau der Nadelhölzer . . . . . 28
8. Der Bau von Blatt und Wurzel . . . . . 29

II. Die äußeren Organe der Pflanze (Morphologie).

1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug . . . . . 33
2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane . . . . . 38
3. Die Wurzel . . . . . 39
4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm) . . . . . 43
   a) Baumechanik der Achse . . . . . 44
   b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer . . . 46
   c) Gliederung und Verzweigung der Achse . . . . 47
   d) Der Knospenstamm . . . . . 49
5. Das Blatt . . . . . 51
   a) Die Teile des Blattes . . . . . 51
   b) Die Nervatur des Blattes . . . . . 55
   c) Die Blattstellung . . . . . 58
   d) Die Metamorphosenstufen des Blattes . . . . 59
6. Verschiedenheit der Sproßformen . . . . . 62
   a) Normale Sproßformen . . . . . 62
   b) Umgebildete (metamorphosierte) Sproßformen . . .
   c) Verkümmerte (reduzierte) Sproßformen . . . . .
   d) Zurückgebliebene (rudimentäre) Sproßformen . . .


197573

Sei

7. Haarbildungen . . . . . .
8. Der Blütensproß . . . . . .
a) Bau der Blüte im allgemeinen . . . . . .
b) Bau der Blüte im einzelnen . . . . . .
α. Die Achse . . . . . .
β. Die Blütenhülle . . . . . .
γ. Die Staubblätter . . . . . .
δ. Die Stempel . . . . . .
9. Die Frucht . . . . . .
10. Der Same . . . . . 1

III. Vom Leben der Pflanze (Physiologie).

1. Die Ernährung . . . . . 1
a) Die Nahrungsmittel . . . . . 1
b) Die Ernährungsorgane . . . . . 1
c) Der Stoffwechsel . . . . . 1
d) Die Atmung . . . . . 1
2. Das Wachstum . . . . . 1
3. Die Reizbewegungen . . . . . 1
4. Die Fortpflanzung . . . . . 1
a) Die Arten der Fortpflanzung . . . . . 1
b) Die Bestäubung . . . . . 1
c) Die Befruchtung . . . . . 1
d) Vorsorge der Pflanze für die Nachkommenschaft . . 1
Schlußwort . . . . . 1
Register . . . . . 1

# Vorwort.

Gewiß ist der Mensch von der gesamten ihn umgebenden Natur abhängig: der feste Erdboden trägt ihn und sein Obdach, das Wasser bildet eine ganz unerläßliche Vorbedingung seines Lebens, und viele Tiere liefern ihm wichtige Nahrungsmittel; aber von allen Naturkörpern greift wohl keiner so tief in sein Leben und die Gestaltung seiner Umgebung ein wie die Pflanze.

Denke dir die Erde ohne Pflanzen! sie wäre eine kalte, öde und tote Masse. Denke dir aus der herrlichsten Landschaft, die dein Auge je gesehen, den Pflanzenwuchs fort: sie wird auf einmal den größten Teil ihres Reizes verlieren. Wohl giebt es ja auch Felsenlandschaften, die den Beschauer fesseln wegen ihrer Großartigkeit, allein das Leben fehlt ihnen und kann ihnen erst durch das grüne Gewand der Pflanzenwelt verliehen werden.

Und es kommt noch eines hinzu: die Pflanzen bilden eine unentbehrliche Bedingung für jedes Tierleben, da sie den Tieren unmittelbar oder mittelbar Nahrung liefern. Eine pflanzenlose Landschaft wird also auch der Tiere entbehren müssen: es fehlt ihr nicht nur das lebendige Kleid, sondern auch die lebendige Stimme.

Ist so einerseits das Hauptinteresse des Menschen an der *Pflanzenwelt* in ihrer Gesamtheit ein ästhetisches, so be*anspruchт* sie andererseits auch in materieller Hinsicht seine

lebhafteſte Teilnahme; denn wie das Tier mittelbar oder un mittelbar auf das Pflanzenleben angewieſen iſt, ſo auch de Menſch. Iſt es doch, nach Anſicht der Vegetarianer, möglich daß ein Menſch lediglich von Pflanzenſtoffen lebt.

Nichts umgiebt ihn ferner in einer ſolchen Mannigfaltigkei nichts drängt ſich ihm geradezu in ſeiner Umgebung mit ſolche Allgewalt auf, nichts kommt ihm auf Schritt und Tritt ſo un befangen entgegen, wie die Kinder der Pflanzenwelt. Ei ſtumpfer Menſch mag ſie mit Füßen treten und ein blöde Sinn mag an ihnen nichts wahrnehmen als die grüne Farbe die vielleicht unbewußt das Auge labt, und den ſüßen Duft der die Naſe wohlthuend kitzelt; — wer ſich offene Auge und lebendigen Sinn für die Außenwelt erhalten hat, de wird ein Bedürfnis fühlen, dieſe ſeine ihn überall umgebende Mitgeſchöpfe näher kennen zu lernen und zu erfahren, wi ſie gebaut ſind, wie ſie leben, was ſie treiben.

Dies Büchlein will verſuchen, dem freundlichen Leſe ein Führer zu ſein, es ſoll ihm ein Gebiet des Naturleben erſchließen, das ſo recht geeignet iſt, auch von ſogenannte Laien in den Feierſtunden des Berufslebens beobachtet z werden.

Möchte es dem Verfaſſer gelingen, für die Pflanzenwel Teilnahme zu erwecken und zur weiteren eigenen Beobachtun anzuregen.

Godesberg a. Rh., Januar 1895.

**Dr. E. Dennert.**

# Einleitung.

Die Pflanze ist im Gegensatz zum Mineral ein Lebewesen. Die Pflanzenkunde wird daher in einer Schilderung des Pflanzenlebens gipfeln. Da wir jedoch das Leben der Pflanze erst dann erforschen können, wenn wir ihre Gestaltung kennen gelernt haben, so wird unser Weg ein derartiger sein, daß wir zuerst das Innere der Pflanze zu verstehen suchen, weil es die Grundlage für das Verständnis alles andern in sich birgt. Wir müssen zu dem Zwecke die Pflanze zergliedern, d. h. Anatomie treiben. Darnach wollen wir die äußere Gestaltung der Pflanze erforschen, ein Gebiet, das man Morphologie nennt. Endlich werden wir die verschiedenen Lebenserscheinungen der Pflanze, wie Ernährung und Atmung, Wachstum und Fortpflanzung, in der sogenannten Physiologie (auch Biologie) behandeln. Da aber von der äußeren Gestalt und deren Teilen zuweilen nicht wohl gesprochen werden kann, ohne daß der Beziehung dieser Teile (z. B. der Samenlappen) zu den Lebensvorgängen der Pflanze (z. B. der Ernährung) gedacht wird, so werden wir schon bei der Lehre von der Gestalt manchmal Dinge erörtern, die zur Lehre vom Leben der Pflanze gehören. Hat doch jeder Pflanzenteil bis herab zu so unscheinbaren Gebilden wie Stachel, Borste und Härchen seine bestimmte Bedeutung fürs Leben der Pflanze. Die Physiologie wird also übergreifen müssen in die Morphologie.

# I. Vom inneren Bau der Pflanzen.

## 1. Die Zelle, das Elementarorgan.

Das Leben beſteht in einer Wechſelwirkung eines Weſens mit der Außenwelt. Zur Bethätigung derſelben bedarf dieſes Weſen aber verſchiedener Werkzeuge. Man nennt ſolche Werkzeuge zum Leben Organe, und Weſen, die ſolche beſitzen, Organismen.

Jedes Organ hat ſein beſtimmtes Arbeitsgebiet. Allein um dieſe Arbeit zu erfüllen, muß es ſelbſt eine Teilung innerhalb desſelben eintreten laſſen; es muß Organe zweiter Ordnung beſitzen, und man kann ſich vorſtellen, daß dieſe Teilung und Verfeinerung der Arbeit immer weiter fortſchreiten wird und daß hiermit auch eine Teilung und Verfeinerung der Organe gleichen Schritt halten muß. Bei dieſer Verfeinerung laſſen uns aber unſere Augen gar bald im Stich, und wir müſſen, um ſie zu erkennen, zum Mikroſkop greifen.

Da offenbart ſich uns nun ein gar wunderbarer Bau. Wir ſehen ein zierliches Gewebe, feiner als irgend eines, das Menſchenhand wirkte, und dieſes Gewebe beſteht aus einer Unzahl von kleinen, dicht aneinander liegenden Bläschen, jedes mit einer eigenen, feſten Wand und einem eigenen Inhalt. *Man nennt ein ſolches Bläschen eine Zelle und da alle Organe ſich aus ſolchen zuſammenſetzen*, ſo kann man die Zellen die *Grund- oder Elementarorgane* der Pflanze nennen.

Wollen wir uns also Kenntnis vom Bau und Verrichtung der Organe verschaffen, so müssen wir uns zunächst über das Grundorgan, die Zelle, verständigen.

## 2. Der Bau der Zelle.

Die Zelle (Fig. 1) ist also ein kleines Bläschen. Während man aber bei einem solchen gewöhnlich die Wand als Hauptsache betrachtet, ist dies in der Zelle der Inhalt; die Wand hingegen ist erst ein Erzeugnis des Inhalts.

Dieser Inhalt ist in jugendlichen Zellen eine den ganzen Innenraum ausfüllende schleimige Masse, in der man schon bei mäßiger Vergrößerung kleine Körnchen umherschwimmen sieht und in der außerdem eine größere Masse, der sogenannte Zellkern (welcher ein Kernkörperchen umschließt), auffällt. Damit ist aber der feinere Bau dieser Schleimmasse und ihres Kerns keineswegs erschöpft. Man hat auch die Forschung über denselben noch nicht ganz abgeschlossen; um so mehr können wir hier von ihm absehen.

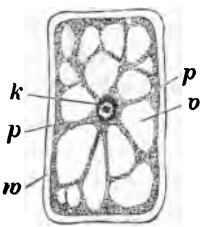


Fig. 1.
Schema einer Zelle.
w Zellwand, p Protoplasma, k Zellkern, v Vakuolen.

Jene Schleimmasse besteht chemisch aus Stoffen, welche man „Eiweißkörper" nennt und die sich durch die Gegenwart von Stickstoff, einem weitverbreiteten chemischen Element, auszeichnen. Sie führt den Namen Protoplasma oder Plasma. Man weiß jetzt, daß von ihm alle Lebenserscheinungen ausgehen, so daß man berechtigt ist, es den Lebensträger der Pflanze zu nennen. In neuerer Zeit hält man das Protoplasma der einzelnen Zelle für ein mehr selbständiges Wesen und giebt ihm den Namen „Protoplast". Uebrigens

dieſer einzelne Zellbewohner nicht völlig gegen ſeine Nachbarprotoplaſten abgeſchloſſen, ſondern hängt mit ihnen durch feine Protoplasmafäden zuſammen, welche durch ſehr feine Kanäle der Zellwand gehen. Es iſt anzunehmen, daß der auf eine gewiſſe Zelle ausgeübte Reiz durch dieſe Fäden auf andere übertragen werden kann.

Die Lebensthätigkeit der Zelle äußert ſich darin, daß ſie ſich teilt. Das kann ſie aber nur, wenn ſie Protoplasma enthält; ohne dasſelbe iſt ſie als tot zu betrachten. Ferner kann man beobachten, daß ſich die kleinen Körnchen des Protoplasmas in einer unverletzten Zelle fortwährend ſtrömend bewegen; auch das muß ein Zeichen des Lebens ſein. Die Teilung des Protoplasmas, die vom Zellkern ausgeht, hat man direkt beobachtet.

Die Zellteilung geht vom Kern aus, und dieſer zeigt darin ſeine Bedeutung als Zentralorgan der Zelle. Plasma und Zellkern haben eine Fadenſtruktur. Schickt ſich die Zelle zur Teilung an, ſo teilen ſich zuerſt die Kernfäden, bilden in der Mitte eine „Kernplatte“ und rücken dann in zwei Gruppen an die Pole, wo ſie ſich zu zwei neuen Zellkernen vereinigen. Iſt dies geſchehen, ſo ſammeln ſich in der Mitte der Zelle kleine Celluloſeteilchen, welche ſich endlich zu einer Mittelwand vereinigen: die Teilung der Zelle iſt beendet. Dieſe Vorgänge ſind begleitet von der Bildung von feinen, die neuen Zellkerne verbindenden Fäden („Spindelfaſern“) im Protoplasma.

Die Wand der Zelle oder die Zellmembran iſt eine feſte, dehnbare Haut, welche die allen organiſchen Häuten eigene Fähigkeit beſitzt, Flüſſigkeiten durchzulaſſen (Diosmoſe). Sie beſteht aus einem Stoff, den der Chemiker Celluloſe nennt. Die Zelle kann — und zwar geht das auch von dem Plasma

aus — in die Länge und in die Dicke wachsen. Wächst sie in die Länge, so entsteht eine faserförmige Zelle (Fig. 2, b); auch können mannigfache andere Formen entstehen: prismatische Zellen (Fig. 2, a), sternförmige Zellen (Fig. 2, d) u. s. w. Das Dickenwachstum geht von innen aus. Die verdickte Membran zeigt oft deutlich konzentrische Schichtung. Doch werden diese Schichten nicht ganz gleichmäßig gebildet, so daß in der Wand kanalartige Lücken (Fig. 3) entstehen, welche bis auf die ursprüngliche Wand der jungen Zelle gehen. Daß auch in dieser Wand sehr feine Kanäle die Zellen verbinden, ist schon gesagt. Gewöhnlich stoßen sie hier mit ähnlichen Kanälen der benachbarten Zellen zusammen, so daß an diesen Stellen eine Verbindung mit letzteren stattfinden kann. Von der Fläche gesehen, erscheinen diese Kanäle als Tüpfel. Die Verdickungen der Zellmembran können aber auch derart von Statten gehen, daß sie als Leisten (von Spiral-, Ring-, Netz- u. s. w. Form) in das Innere der Zelle vorspringen und dann von der Fläche gesehen als eine dementsprechende Zeichnung erscheinen (Fig. 2, e und f).

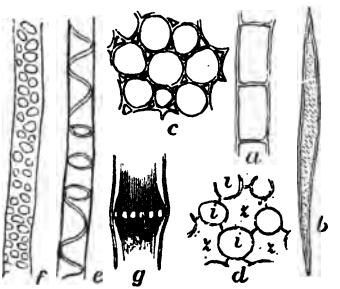



Fig. 2.
Zellformen, stark vergrößert.
a prismatische Zellen; b Faserzelle; c Gewebe aus rundlichen Zellen mit Intercellularräumen; d sternförmige Zelle (Z) mit großen Lücken i) (Schwammgewebe); e Gefäß mit Spiral- und Ringleisten; f Tüpfelgefäß; g Siebröhre, Stelle wo zwei Glieder derselben aneinanderstoßen, in der Mitte die quer durchschnittene Siebplatte, das Graue ist der Inhalt.

Fig. 3.
Steinzelle, stark vergrößert, verdickte Zellwand mit Tüpfelkanälen.

Neben dieser Form-Veränderung durch Dickenwachstum kann die Zellwand auch stoffliche Veränderungen erfahren, indem in die Cellulose Stoffe eingelagert werden, welche ihr besondere Eigenschaften verleihen. So kann die Membran verkorken und verholzen. Im ersten Fall zeigt sie eine besonders nachgiebige Geschmeidigkeit und ist dabei für Wasser undurchlässig. Die Pflanze läßt ihre Membran verkorken, wenn sie diese beiden Eigenschaften haben soll. Bei der Verholzung erlangt die Zellwand eine hervorragende Festigkeit, ohne dabei ihre Fähigkeit einzubüßen, Wasser durchzulassen. Endlich kann die Zellwand auch verschleimen.

Wenn die Wand wächst und die Zelle dadurch an Umfang zunimmt, so kann das Protoplasma dem nicht in gleichem Maße folgen und es müssen daher in ihm Lücken entstehen, welche Vakuolen genannt werden, die aber nicht etwa leer sind, sondern von dem von außen eintretenden Zellsaft angefüllt werden, d. h. von Wasser, welches einige Salze enthält. Das Protoplasma ist dann netzartig zerklüftet, und gewöhnlich schwebt der Zellkern mehr oder weniger in der Mitte, von einem Netzwerk von Plasmafäden getragen. Nehmen die Vakuolen aber noch mehr überhand, so geht das Plasma ganz an die Wand zurück und mit ihm auch der Kern. Es bildet dann einen ringsum geschlossenen Sack, den Primordialschlauch.

Plasma und Zellsaft sind aber nicht die einzigen Inhaltskörper der Zelle, vielmehr kann das lebendige Protoplasma noch manche andere Stoffe in sich ausbilden. Da ist zunächst als wichtigster das Chlorophyll zu nennen. Chlorophyll heißt auf deutsch Blattgrün. Es verleiht der Pflanze die *so wohlthuende grüne* Farbe. Genauere Untersuchung mit *dem Mikroskop zeigt*, daß sich in dem Plasma gewisser Zellen,

vor allem des Blattes, kleine Plasmakörnchen befinden, welche mit einem grünen Farbstoff ausgestattet sind, der im Wasser nicht löslich ist, den man aber aus den Blättern durch Alkohol herausziehen kann.

Für eine Pflanze, die sich selbständig ernähren will, ist der grüne Farbstoff ein ganz unerläßlicher Bestandteil, der überhaupt erst die Ernährung bewirkt, wie dies später noch dargelegt werden soll, wenn wir von der Ernährung der Pflanze reden. Diese grüne Farbe kann nur entstehen, wenn das Sonnenlicht auf die Pflanze einwirkt: jedermann weiß ja, daß im Keller austreibende Kartoffeln bleich und gelblich sind, daß sie aber ergrünen, wenn man sie ans Licht bringt. Innerhalb der Zelle nehmen die Blattgrünkörner oft eine durch das Licht beeinflußte Lage ein. Sie führen in gewisser Hinsicht ein selbständiges Leben, wenigstens hat man beobachtet, daß sie sich teilen.

Neben den Chlorophyllkörnern finden sich in den Zellen andere, ebenfalls körnige Stoffe, welche man als das Produkt der Ernährung zu betrachten hat, die Stärkekörner. Sie entstehen in den Blattgrünkörnern selbst oder in besonderen Protoplasmagebilden, denen man darnach den Namen Stärkebildner erteilt hat. Ihre körnige Beschaffenheit zeigt an, daß sie im Zellsaft, also in Wasser unlöslich sind. Die Stärkekörner zeigen bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Formen; gewöhnlich ist eine Schichtung mehr oder weniger deutlich. Sie werden, ein bequemes Erkennungsmittel, durch Jodlösung blau gefärbt. Für die Pflanze sind sie von sehr großer Bedeutung. An dieser Stelle merken wir uns nur, daß sie den wichtigsten Bau- und Reservestoff darstellen.

Von anderen Inhaltsstoffen der Zelle nennen wir die *nicht grünen* Farbstoffe. Trotz ihrer so großen und in

die Augen fallenden Mannigfaltigkeit lassen sie sich in z
Gruppen bringen: die einen sind in Zellsaft löslich, das
die blauen und roten Farben; die anderen sind unlöslich
bilden daher Körnchen, das sind die gelben Farben, d
Zusammenhang mit dem Blattgrün unzweifelhaft ist.
große Mannigfaltigkeit der Farben wird mit recht einfa
Mitteln erreicht: Kombination der verschiedenen Farben
besondere anatomische Verhältnisse.

Ein im Pflanzenreich sehr verbreiteter Stoff ist der Ge
stoff. Er ist gelöst und läßt sich daher nur durch beson
chemische Reaktionen nachweisen. Ueber seine Bedeutung
man sich trotz ausgedehnter Untersuchungen noch wenig k
gewiß ist aber z. B., daß eine Art Gerbstoff mit der r
und blauen Farbe zusammenhängt.

Neben den genannten Inhaltskörpern finden sich
in der Zelle noch Kristalle verschiedener Salze in F
von Nadeln, Doppelpyramiden und Morgensternen. — End
seien noch die Proteïnkörner genannt, welche Eiw
stoffe sind.

### 3. Gefäße und Röhren.

Es läßt sich der Satz aufstellen, daß es nichts in
Pflanze giebt, was nicht aus Zellen besteht oder doch we
stens aus und in Zellen seinen Ursprung genommen hat.

Nun wird die Pflanze von Röhren durchzogen, die
den Wurzeln ihren Anfang nehmen und oben in dem za
Aderwerk der Blätter endigen. Auch sie sind ursprüng
Zellen gewesen, aber dadurch, daß die Querwände der s
recht untereinander liegenden Zellen aufgelöst wurden,
*Röhren geworden.* — Sie werden Gefäße genannt
*stellen ein Leitungssystem* für Luft, auch wohl für W

dar. Aeußerlich sind sie, natürlich nur unter dem Mikroskop, daran zu erkennen, daß sie eigenartige Wandverdickungen besitzen, Leisten, die in das Innere der Röhren einspringen und teils spiralig, teils ringförmig, netzförmig, treppenförmig oder endlich einfach tüpfelförmig sind; man unterscheidet darnach Spiral-, Ring-, Netz-, Treppen- und Tüpfelgefäße. Diese Leisten sollen offenbar die Gefäße aussteifen (Fig. 2, e und f) und ihnen größere Festigkeit verleihen.

Neben diesen Gefäßen kommen in der Pflanze sogenannte Siebröhren vor. Es sind dies Röhren, die auch aus übereinanderstehenden Zellen entstehen; hier werden aber die Querwände nicht ganz aufgelöst, sondern siebartig durchlöchert. Diese Röhren dienen zur Fortleitung von Eiweißstoffen (Fig. 2, g).

Eine dritte Art von Röhren sind die Milchsaftröhren, welche jenen milchartigen Saft enthalten, durch den sich manche Pflanzen, wie die Wolfsmilcharten, auszeichnen.

## 4. Die Gewebearten.

Wir haben schon gesehen, daß eine Lebensthätigkeit der Zelle darin besteht, daß sie sich teilen kann. Es giebt viele niedere Pflanzen, welche ihr Lebtag einzellig bleiben. Haben sie sich geteilt, so trennen sich auch die beiden Tochterzellen, wie wir uns ausdrücken können, alsbald wieder. Allein bei den meisten Pflanzen ist es nicht so, sondern da bleiben die beiden neuen Zellen in stetem Zusammenhang, und jede dieser beiden Töchter kann nun auch dem Beispiel der Mutter folgen und sich wieder teilen, indem jedesmal die sich teilende Zelle ihre eigene Selbständigkeit aufgiebt und zu zwei neuen Zellen wird. So entsteht eine Gemeinschaft von Zellen, welche Gewebe *genannt* wird (Fig. 2, c und d).

*Es liegt* auf der Hand, daß der Charakter dieser Ge-

webebildung unter dem Einfluß der Richtung stehen wird in welcher sich die Teilung und Ausdehnung der Zellen fortsetzt. Erfolgen die Teilungen, sowie die Ausdehnung der Zellen in einer auf der Längsachse der Zelle senkrechten Richtung, so geht aus diesem Wachstum ein fadenförmiges, nur eine Zelle breites Gewebe hervor; finden die Teilungen in zwei Richtungen statt, so muß ein flächenartiges Gebilde entstehen und wenn sich endlich die Zellen in drei auf einander senkrecht stehenden Richtungen teilen, so ergiebt sich ein Zellkörper.

Wir haben nun in der Natur Pflanzen, welche diesen einzelnen Formen entsprechen. Neben den einzelligen Pflanzen finden wir besonders unter den niederen Formen solche, die ein faden-, flächen- oder körperförmiges Gewebe darstellen; aber auch an der höheren Pflanze kommen derartige Gebilde vor, doch sind bei ihr die körperlichen Gewebe die bei weitem überwiegenden. Bei der Einteilung der Gewebearten einer höheren Pflanze ist zunächst die Form der einzelnen Zellen maßgebend und fernerhin die Art ihrer Zusammenstellung.

Wenn die Zellen, die das Gewebe zusammensetzen, im allgemeinen würfelförmige oder prismatische Gestalt haben und sich in ihren Ausdehnungen mehr der Kugelform nähern, so nennt man das Gewebe parenchymatisch (Parenchym). Besteht es dagegen aus faserförmigen langgestreckten Zellen, ist es prosenchymatisch (Prosenchym). Das erstere dient mehr Ernährungszwecken, das letztere der Wasserleitung und mechanischen Zwecken. Wenn in einem parenchymatischen Gewebe nur die Ecken Verdickungen zeigen, so nennt man es *Kollenchym*, wenn es aus sehr stark verdickten Zellen (*Fig. 3*, Steinzellen) besteht, Sklerenchym.

Wichtiger ist die Unterscheidung der Gewebe nach ihrer Zusammensetzung. Wir können darnach drei Gewebearten an den höheren Pflanzen unterscheiden und benennen sie nach ihrer Lagerung als Hautgewebe, Grundgewebe und Stranggewebe.

### a. Das Hautgewebe.

Dieses umschließt, wie der Name sagt, als eine Haut die ganze (junge) Pflanze; später ist es nur noch auf den Blättern zu finden. Das übrige Gewebe der Pflanze erscheint dann wie eine Grundmasse (daher Grundgewebe) in welcher strangartige Massen (Stranggewebe) gewissermaßen eingebettet sind.

Die Zellen des Hautgewebes stehen lückenlos zusammen, sie enthalten kein Chlorophyll, und die äußerste Schicht ihrer Außenwand ist verkorkt, also elastisch und undurchlässig für Wasser. Sie sind entweder sechseckig langgestreckt (oft an grünen Stengeln) oder ihre Wände sind geschlängelt und greifen ineinander (besonders an Blättern). Die vom Hautgewebe gebildete Oberhaut oder Epidermis der Blätter dient aber auch dem Gasaustausch und der Transpiration (Ausdünstung). Dazu besitzt sie besondere Vorrichtungen, die sogenannten Spaltöffnungen: zwei bohnenförmige Zellen (Schließzellen, mit Chlorophyll) stehen einander gegenüber, lassen also zwischen sich einen Spalt, der sich durch Annäherung oder Entfernung der Schließzellen schließen, bezw. öffnen läßt. Beides wird von der Pflanze selbst geregelt; denn bei großem Wassergehalt treten die Schließzellen auseinander und bei kleinem Wassergehalt nähern sie sich, was mit der verschiedenen Ausbildung der Schließzellenwände zusammenhängt.

### b) Das Grundgewebe.

Das Grundgewebe kann je nach seinem Zweck die oben genannten Formen zeigen: parenchymatisches Grundgewebe dient meistens der Ernährung, in ihm findet sich daher oft Chlorophyll (es kommt vor im Blattgewebe und in der Rinde). Doch auch das Mark der Bäume ist Parenchym; da es aber keinerlei Inhalt hat, ist es als tot zu betrachten. Sklerenchymatisches und kollenchymatisches Gewebe kommt in der Rinde vor und soll derselben Festigkeit verleihen. Zwischen den Zellen finden sich oft Lücken, Intercellularräume (Fig. 2 c), welche der Durchlüftung dienen. Sind sie groß und die Zellen sternförmig, so entsteht ein schwammartiges Gewebe (Fig. 2 d) (bei Wasserpflanzen).

### c) Das Stranggewebe.

Dieses stellt feste Stränge dar, welche, wie schon gesagt, in dem Grundgewebe gleichsam eingebettet sind und die ganze Pflanze durchziehen. Sie beginnen an den Wurzelspitzen und endigen in den feinen Verästelungen der Blattadern. Sie bilden ein Leitungssystem, dienen aber, wie wir gleich sehen werden, auch noch anderen Zwecken. Gerade bei ihnen zeigt sich so schön, wie in der Natur, bei der Allweisheit ihrer Einrichtungen, mit einem Mittel mehrere Zwecke erfüllt werden.

Man nennt diese Stränge (Fig. 4) Gefäßbündel, weil in ihnen Gefäße vorkommen; es ist aber keine gute Bezeichnung, da die Gefäße durchaus nicht die Hauptsache sind; besser ist es, sie Leitbündel zu nennen. Sie bestehen in der ausgeprägtesten Form aus 3 Teilen, Gefäßteil (auch Holzteil genannt), Siebröhrenteil (auch Baſt) und *Kambium. Auf* dem meist eiförmigen Querschnitt des Gefäßbündels sind diese drei Teile so angeordnet, daß das Kam-

bium eine schmale Zone zwischen den beiden anderen Teilen einnimmt, und im Stengel ist das Gefäßbündel meist derartig gestellt, daß der Gefäßteil dem Mittelpunkt, der Siebröhrenteil dagegen dem Umfang zugekehrt ist.

Der Gefäßteil hat seinen Namen von seinen hervorstechendsten Bestandteilen, nämlich den Gefäßen. Die innersten Gefäße sind enger als die äußeren und die Untersuchung auf dem Längsschnitt zeigt, daß jene inneren enge Spiral- und Ringgefäße sind. Weiterhin besitzt das Gefäßbündel aber nur Tüpfelgefäße. Zwischen den Gefäßen finden sich Parenchymzellen und besonders auch Holzfaserzellen, welche oft den größten Teil des Holzes ausmachen.

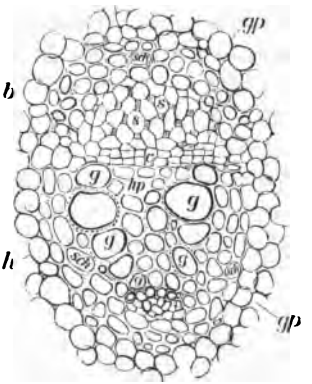



Fig. 4.
Ranunculus repens, kriechender Hahnenfuß, ein Gefäßbündel, stark vergrößert.
b Bastteil; c Kambium; h Holzteil; s Siebröhren; g Gefäße; hp Holzprosenchym; sch Scheide; gp Grundparenchym.

In dem Siebröhrenteil finden sich Siebröhren (ohne Zellkern), daneben Parenchymzellen, welche Geleitzellen (mit Zellkern) heißen. Dieser Teil des Gefäßbündels ist gewöhnlich aus dünnwandigeren Zellen gebildet, hat auch einen geringeren Umfang als der Holzteil. Um ihn herum liegt ein Halbmond von Fasern, welche oft mit denen, die den Holzteil umgeben, zusammenstoßen und dann eine „Schutzscheide" bilden. Geht diese um das ganze Bündel herum, so schließt dies eine Vergrö-

rung desselben aus; das Kambium erstarrt dann zu einem dünnwandigen Gewebe, **Kambiform**.

Das **Kambium** ist im übrigen eine Schicht von sehr zarten Zellen, welche in Teilung begriffen sind und sich nach außen zu den Zellen des Siebröhrenteils, nach innen zu denen des Gefäßteils ausbilden.

Was nun die Bedeutung der Gefäßbündel anbelangt, so dienen sie in erster Linie zur Leitung: der Gefäßteil zur Leitung des Wassers, der Siebröhrenteil zur Leitung der Eiweißstoffe. Daneben sollen die Gefäßbündel aber auch durch ihre mechanisch wirksamen Zellen und Fasern die Pflanze aufrecht erhalten; sie bilden demgemäß Träger, welche in ihrer Gesamtanordnung, wie auch in der Ordnung ihrer mechanischen Zellen, den Gesetzen der Mechanik entsprechen.

## 5. Das Dickenwachstum.

Einzelne Gefäßbündelstränge, wie sie eben beschrieben wurden, durchziehen den Stengel einjähriger, schwacher und der monokotylen Pflanzen, sowie alle Blätter. Allein es läßt sich denken, daß dies so einfach nicht bleiben kann, wenn der Stengel im Lauf des Lebens in die Dicke wächst, wie es bei den meisten Dikotylen ist (Fig. 5). In diesem Fall geht das Wachstum auch wieder von dem Gefäßbündel aus und zwar von dem **Kambium**.

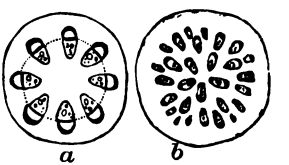



Fig. 5.
**Schema der Gefäßbündelanordnung** (auf dem Querschnitt) **bei einer dikotylen Pflanze** (Fig. 5, a), z. B. Hahnenfuß, und einer **monokotylen** Fig. 5, b) z. B. Binse, Gras. Im ersten Fall sind die Bündel in einen Kreis gestellt, an den gestrichelten Stellen bildet sich beim Dickenwachstum das Kambium. Im zweiten Fall sind die Bündel auf den Querschnitt zerstreut.

*Die zarten* Zellen desselben *haben die Fähigkeit* behalten, sich

zu teilen; sie bilden gewissermaßen einen Jungbrunnen, aus dem sich die Pflanze andauernd erneuern kann. Dabei findet aber noch etwas Besonderes statt. Es läßt sich vorstellen, daß das Wachstum in die Dicke ein ganz ungleichmäßiges sein würde, wenn das Kambium immer nur in einzelnen Bündeln vorkäme. Um dies zu vermeiden, entsteht gar bald ein geschlossener Ring, und zwar dadurch, daß die zwischen den Kambiumteilen liegenden Parenchymzellen des Grundgewebes anfangen, sich zu teilen und sich dem Kambium anschließen.

Dieser derartig entstandene Kambiumring erzeugt nun fortwährend nach innen Gefäße, Fasern und Parenchymzellen, nach außen Siebröhren und Parenchymzellen sowie auch Faserzellen. Die ersteren schließen zu einem dichten Gewebecylinder zusammen und bilden das, was man im gewöhnlichen Leben Holz nennt; die letzteren hingegen bilden nur einzelne Kappen über den ursprünglichen Gefäßbündeln. Ihre Fasern aber hängen in festen Schichten zusammen und lassen sich daraus als Bast gewinnen, der bekanntlich wegen dieser Eigenschaft zum Binden u. s. w. benutzt werden kann.

Der Holzkörper ist nun übrigens doch kein völlig einheitlich gebildeter Gewebecylinder, er wird vielmehr von Zellplatten durchzogen, die senkrecht stehend strahlig von innen nach außen laufen, so daß sie auf dem Querschnitt als dünne Strahlen, auf dem sog. Radialschnitt (in der Richtung des Radius) dagegen als Zellplatten erscheinen. Man nennt sie Markstrahlen, weil sie, wenigstens z. T., von dem Mark d. h. dem innersten Grundgewebe aus nach außen strahlig verlaufen, nämlich an den ursprünglichen Trennungsstellen der benachbarten Gefäßbündel. Es giebt aber auch noch andere derartige Markstrahlen, welche das Mark nicht

erreichen, also kürzer sind; sie werden im Gegensatze zu den anderen, den „primären", die „sekundären" Markstrahlen genannt. In den Markstrahlen werden die in den Blättern gebildeten Stoffe geleitet; oft sieht man in ihnen eine Aufspeicherung von Stärke.

Die Thätigkeit des Kambiums ist natürlich von äußeren Verhältnissen abhängig; sind diese den Ernährungsverhältnissen ungünstig, so wird die Lebensthätigkeit, d. h. die Teilung des Kambiums, eine verminderte sein. Nun ist ja in unsern Breiten die Vegetationsperiode keine andauernde, sondern wird mit dem Eintritt einer kälteren Jahreszeit unterbrochen. Dann fällt das welkende Laub von den Bäumen und der Baum streckt trauernd seine kahlen Aeste gen Himmel. Und auch im Innern steht der Lebensstrom still; es ist, als ob ein tiefer Winterschlaf alle Zellen in seinen erstarrenden Bann nähme: die Teilung des Kambiums wird vollständig eingestellt und der Baum wächst also auch nicht in die Dicke. Bekanntlich kommt aber auch der Winter nicht über Nacht nach einem warmen Sommertag. Vielmehr ergreift er allmählich das Scepter und gewöhnt durch seinen milderen Boten Herbst die Natur an seine strenge Herrschaft. Demnach wird auch der Baum im Verlauf des Herbstes seine Thätigkeit allmählich einstellen und daher beobachtet man dann auch im Herbst, wie die Teilungen des Kambiums allgemach schwächer werden. Obendrein sind die Zellen, die es dabei bildet, dickwandiger und enger und die Zahl der Gefäße ist kleiner. Die Folge davon ist, daß dieses Herbstholz dichter erscheint als das früher erzeugte. Tritt nun aber nach der winterlichen Ruhe wieder, von den lauen Lüften erweckt, die *neue Vegetationsperiode* ein, so beginnt auf einmal ein mächtiges *Strömen und* Wandern der Lebenssäfte, und das Ka-

bium fängt machtvoll seine Arbeit von neuem an. Die Folge davon ist, daß nun ein Gewebe, das sogenannte Frühjahrsholz, entsteht, das einen ganz anderen Charakter hat, es hat weitere und dünnwandigere Zellen und ist reicher an Gefäßen; daher erscheint es bedeutend lockerer als das Herbstholz.

Denkt man sich dies nun in den verschiedenen Jahren wiederholt, so wird es verständlich, daß der Holzkörper auf dem Querschnitt wie aus konzentrischen Ringen zusammengesetzt erscheint; denn die Grenze des lockeren Frühjahrsholzes gegen das feste Holz des vorigen Herbstes ist eine scharfe. Man nennt diese Ringe Jahresringe. Aus ihrer Ausbildung und Dicke läßt sich auf die Fruchtbarkeit und auf allerhand Begleiterscheinungen des betreffenden Jahres schließen. Da in jedem Jahr dem Holz ein Ring zugefügt wird, kann man aus der Zahl der Jahresringe auch auf das Alter des Baumes schließen. Der Zuwachs der Bastregion ist hingegen kein so regelmäßiger, höchstens dann, wenn die Bastfasern zonenweise entstehen. Jedenfalls kann an diesem Teil des Baumes das Alter nicht erkannt werden.

Wenn der Baum nun von Jahr zu Jahr dicker wird, so läßt sich denken, daß auch die Außenschicht eine Veränderung erfahren muß. Nun ist ja die Oberhaut aus verkorkten und daher elastischen Zellen gebildet, so daß sie einem von innen her auf sie ausgeübten Druck wohl im Anfang nachgeben kann; allein dies kann selbstredend nicht lange andauern und endlich, wenn die Elastizitätsgrenze der Oberhaut überschritten ist, wird sie platzen. Da hierdurch aber dem Wasserstrom im Innern ein seitlicher Ausweg gestattet wäre, muß die Pflanze Vorbeugungsmaßregeln treffen.

Schon ehe jene Katastrophe in der Oberhaut eintritt, *bildet sich* aus ihren eigenen oder aus unter ihr gelegenen

Zellen eine Schicht teilungsfähigen Gewebes, das nun r
um den Stamm herum einen Mantel dicht aneinander ste
der Zellen bildet, die zwar meist ziemlich dünnwandig
aber doch wegen Verkorkung der Wände eine beträchi
Dehnbarkeit aufweisen, aus demselben Grunde aber auch
Verdunstung des Wassers hindern. Soll nun dieser E
der Oberhaut ein dauernder sein, so muß er sich fortwäh
erneuern, und dies geschieht thatsächlich durch ein besond
Kambium in der Rinde des Baumes, aus welchem sich
während nach außen neue derartige Zellen bilden, in demse
Maße, wie die außen gelegenen sich abstoßen oder wegen
Dickenwachstums des Baumes sich ablösen. Die dab
entstehenden mehr oder weniger mächtigen Gewebeschi
führen den Namen Kork. Dieselben sind bei der Kork
so stark, daß man sie ablösen und verwerten kann, n
ihre Elastizität und Undurchlässigkeit für Wasser beson
wertvoll sind (Flaschenkork).

Es ist schon gesagt worden, daß jenes sich nachträ
bildende Korkkambium in der Oberhaut selbst oder auc
tieferen Schichten der Rinde seinen Ursprung nehmen k
Dies kann zu einer Bildung besonderer Art führen. W
nämlich der Kork in tieferen Schichten entsteht, so wir
nach außen Gewebemassen abschneiden und diese müssen
bedingt absterben, weil der Kork die Wasserzufuhr zu j
Schichten hindert; dies ist aber jederzeit gleichbedeutend
Tod. Diese äußeren Gewebeschichten werden nun vertroc
und sich allmählich samt dem äußeren Kork ablösen;
nennt sie dann Borke. Man unterscheidet zwei Hauptfor
der Borke, Schuppen- und Ringelborke. Die er
*ist an Birnbäumen* und Kiefern deutlich zu sehen; die
*hier ablösenden* Schuppen entstehen dadurch, daß der

nur kleinere Partien der Rinde abschneidet. Die bei Kirschbäumen und Birken bemerkenswerte Ringelborke hingegen erfordert eine rings um den Baum gehende, geschlossene Korkschicht, welche dann zufolge des Dickenwachstums platzt und sich ablöst, um einer tiefer gelegenen Korkschicht Platz zu machen.

Mit den vorstehenden Erörterungen wird der Leser einen kleinen Blick in den allgemeinen Bau und die Entwicklung des Baumes geworfen haben. Im Einzelnen lassen sich natürlich nun noch mancherlei Zusätze machen. Einzelnes sei noch hinzugefügt.

## 6. Die Auswurfstoffe.

Neben den angedeuteten Bauelementen des Pflanzenkörpers finden sich noch andere, deren Bedeutung keine sehr große ist, die sogenannten Auswurfstoffe, also Stoffe, welche von der Pflanze ausgeschieden sind, weil sie für ihren eigentlichen Aufbau keinen Wert mehr haben. Es sind das gewöhnlich Gummi- und Harzstoffe, sowie ätherische Oele. Sie haben, wie gesagt, keine sehr große Bedeutung, sind Nebenprodukte des Stoffwechsels, leisten aber trotzdem noch eine kleine Arbeit, ein Beweis, wie wunderbar und weise alles an der Pflanze ausgenutzt ist und wie das eine so fein in das andere eingreift, daß nie und nimmer ein Zufall, sondern nur eine unendliche Weisheit es so ordnen konnte. Manche dieser Stoffe, die, besonders wenn sie an Laubblättern, Samen und Früchten auftreten, harzig sind und stark riechen, schützen diese Teile vor Tierfraß. Andere, wie besonders ätherische Oele, dienen gerade umgekehrt dazu, Tiere anzulocken, um sie zur Verbreitung der Samen und Früchte zu bewegen.

Die oft großen Massen von Harz, welche aus den Wunden der Nadelhölzer hervorquellen, bewirken, daß die

Wunden von der Luft abgeschlossen werden und unter diesem Schutz besser vernarben. Die Balsamstoffe, welche die Knospen, z. B. der Roßkastanie, bekleiden, schützen die jungen Blätter vor Tieren und vor zu weit gehender Wasserverdunstung. Die Klebstoffe am Stengel der Pechnelke fangen unliebsame Gäste vor ihrem Eintritt in die Blüte wie mit einer Leimrute ab. So lassen sich, wie diese Beispiele zeigen, wohl immer auch für diese Auswurfstoffe Nebenzwecke erkennen.

Diese Stoffe finden sich in Behältern, die sowohl dem Haut- als auch dem Grund- und dem Stranggewebe angehören können. Wir rechnen hierher auch den Milchsaft, der aus einer wässerigen Flüssigkeit (oft mit Stärke und Zucker) und darin schwimmenden Gerinnungskörperchen besteht und auch Harze und Gummi enthält. Er findet sich in vielfach verzweigten Röhrensystemen; die Röhren sind entweder gegliedert (wie bei Schwarzwurz) oder ungegliedert (wie bei Wolfsmilch). Manche Harze, Gummistoffe und Gerbstoffe finden sich in Schläuchen, d. h. in sehr langen übereinander liegenden, dünnwandigen Zellen, welche namentlich im Grundgewebe liegen. Oft kommt es vor, daß sich zwischen den Zellen Intercellularräume bilden, welche durch Auseinanderweichen der Zellen entstehen und Gummi und Harz in sich aufnehmen; dabei kann der Gang von besonderen Zellen austapeziert sein, welche jene Auswurfstoffe absondern, aber sie zum Teil auch durch Umwandlung ihrer eignen Zellwände erzeugen.

## 7. Der Bau der Nadelhölzer.

*Der oben geschilderte allgemeine Bau des Pflanzenstammes läßt im einzelnen* eine große Mannigfaltigkeit zu,

und thatsächlich zeigen die verschiedenen Baumarten eine sehr weitgehende Verschiedenheit, die noch lange nicht erschöpfend untersucht worden ist. Aus der Fülle der Baupläne sei nur einer hervorgehoben, weil er besonders abweicht, nämlich der des Holzes der Nadelhölzer, welches einen völlig gleichartigen Bau aufweist. Das Kambium bildet holzwärts nur eine einzige Art von Zellen, nämlich sogenannte Tracheiden, d. h. Holzfasern, welche die Wandverdickung der Gefäße zeigen und wie diese Wasser leiten. Diese Tracheiden (die sich übrigens auch in anderen Pflanzen finden) liegen in radialen Reihen und zeigen dieselbe zonenweise Anordnung in Jahresringe wie das Holz anderer Bäume.

## 8. Der Bau von Blatt und Wurzel.

Es erübrigt noch, einen Blick auf den Bau von Blatt und Wurzel zu werfen.

Während der Stengel (und auch die Wurzel, also die Achsenorgane) radiär d. h. strahlig gebaut ist, ist das Blatt bilateral, d. h. zweiseitig: es besitzt eine Rücken- und Bauchseite, ein Oben und Unten. Es ist in seiner vollendeten Gestalt flächenförmig und besteht der Hauptsache nach aus einem Grundgewebe, welches oben und unten von einer Oberhaut überzogen ist, die den früher beschriebenen Bau besitzt. In diesem Grundgewebe findet sich ein reiches Netz von Gefäßbündeln, welche hier den Namen Adern oder Nerven führen. Ersterer ist nicht gut und letzterer sehr schlecht; denn mit dem tierischen Begriff Ader haben diese Stränge wenig und mit den Nerven gar nichts zu thun. Es sind einfache Gefäßbündel, wie oben beschrieben, die einer Verdickung nicht fähig sind, wohl aber eine oft ausgiebige mechanische Verstärkung besitzen.

Die Hauptstränge sind besonders stark und dienen
zur Leitung noch zur Aussteifung des Blattes, ähnlich
die Drähte den Regenschirm aussteifen. Die feineren St
dienen dagegen nur zur Leitung, sie bilden daher ein
enges Netz, um den Stätten, aus denen Stoffe abg
werden sollen, recht nahe zu sein. Diese finden sich in
übrigen Blattgewebe. Dasselbe ist ein mehr oder we
lockeres Parenchym, das sich durch starken Gehalt an
grün auszeichnet. Gewöhnlich lassen sich in diesem G
gewebe zwei verschiedene Schichten unterscheiden: unte
Oberhaut der Oberseite liegen auf sie senkrecht gestreckte
(Palisadenzellen); an diese schließen sich, je mehrere
sprechend, hin und wieder trichterförmige Sammelzelle
und an diese ein weite Intercellularräume bildendes lo
Schwammparenchym, welches der unteren Oberhau
den Spaltöffnungen anliegt.

Daß dieser nur in allgemeinen Umrissen skizzierte
des Blattes auch wieder Spielraum für mannigfache
weichungen läßt, liegt auf der Hand; ist doch die, wi
noch sehen werden, so außerordentliche Verschiedenheit i
Ausbildung der äußeren Blattform stets mit anatomische
sonderheiten verknüpft.

Selbstredend wird die Wurzel als Achsenorgan im
tomischen Bau dem Sproßstamm näher stehen als das
allein sie zeigt doch eine grundsätzliche Verschiedenheit.
beruht darauf, daß der Gefäßbündelkörper wenigstens
dünneren Wurzeln ganz zentral in dem Grundgewebe
so daß also kein Mark übrig bleibt; vor allem aber
darauf, daß die Gefäß- und Siebröhrenteile nicht radial
*einander, sondern* tangential neben einander liegen, s
*also zwei benachbarte* Gefäßteile den Siebröhrenteil

sich nehmen. Dabei liegen auch die zuerst entstandenen engen und dickwandigen Gefäße nach außen, die weiteren nach innen. Die Anzahl dieser primären Gefäßstränge ist für die Wurzel kennzeichnend. Die dritte Eigenart der Wurzel besteht darin, daß dieser Gefäßbündelcylinder von einer einfachen Schicht dünnwandiger Zellen, dem Perikambium, umgeben ist und daß an diese sich nach außen eine oft aus starkwandigen Zellen gebildete Strangscheide anschließt. Dieser ganze zentral gelegene Cylinder nun ist von einer mächtigen Rindenschicht umgeben, nach außen endlich liegt eine Oberhaut, welche aber keine Spaltöffnungen enthält, da dieselben ja hier, in der Erde, unnötig sind.

Die Wurzeln können aber auch ein Dickenwachstum besitzen. Dies wird dadurch eingeleitet, daß sich vor dem Siebröhren- und Gefäßteil ein Kambium bildet, das nun Holz und Bast erzeugt, so daß oft schließlich kaum ein Unterschied zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist. Bei manchen kultivierten Wurzeln hingegen beruht die Verdickung nicht auf Holzbildung, sondern auf Vermehrung des Parenchyms, das eine mächtige Ausdehnung erfährt und zur Aufnahme einer außerordentlichen Menge von Zellsaft dient. Dies ist der Fall bei manchen Kohlarten, bei der Mohrrübe und Runkelrübe.

Fragen wir uns noch, was für ein Zweck durch die Verschiedenheit des anatomischen Baus von Stengel und Wurzel verfolgt wird, so finden wir ihn vor allem in der mechanischen Leistung beider. Es ist ein mechanisches Gesetz, daß man bei Vorrichtungen, welche Biegungsfestigkeit besitzen sollen, die mechanisch wirksamen Teile peripherisch anbringt, weil die Teile im Zentrum unwirksam, also unnötig sind; andererseits beansprucht eine Vorrichtung, die Zugfestigkeit besitzen soll, eine Zusammenziehung der mechanischen Elemente nach innen, nach

der Achſe zu. Nun muß der Stengel, der aufrecht ſteht, wie leicht einzuſehen iſt, in erſter Linie biegungsfeſt gebaut ſein; daher bilden auch ſeine mechaniſch wirkſamen Zellen einen Hohlcylinder. Dagegen muß die im Erdboden ſich befeſtigende Wurzel zugfeſt gebaut ſein; daher beſitzt ſie einen achſial gelegenen, mechaniſch kräftigen Cylinder.

In ähnlicher Weiſe laſſen ſich auch ſonſt mancherlei Eigentümlichkeiten des anatomiſchen Baus der verſchiedenen Achſenorgane erklären. Erwähnt ſei nur noch, daß z. B. auch oberirdiſche Achſen, die einem ſtarken Zug nach unten Widerſtand zu leiſten haben, eine zentripetale (d. h. dem Mittelpunkt des Querſchnitts zuſtrebende) Anordnung ihrer mechaniſchen Zellen nötig haben und daher auch aufweiſen, ſo z. B. die Stiele abwärts gerichteter Früchte.

# II. Die äußeren Organe der Pflanze.

## 1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug.

Erhaltung des eignen Lebens und Erhaltung der Art, das sind die beiden Hauptziele des Pflanzenlebens. Alle Arbeit, welche die Pflanze verrichtet, zielt auf das eine oder andere hin. Eine „Arbeit" ist es thatsächlich und die Leistungen der Pflanzen sind oft derart, daß sie die Arbeit manches Menschen beschämen. Man stelle sich nur einmal folgendes vor.

In der harten Schale des Kirschkerns ruht ein kleiner Keimling, aus dem der Kirschbaum hervorgeht. Willst du ihn aus seinem freiwilligen Gefängnis befreien, so mußt du eine ganz besondere Gewalt anwenden. Deine schwachen Finger genügen nicht, um diese kleine Arbeit, einen Kirschkern zu öffnen, zu leisten, aber am Ende deine Zähne? — Du wirst dich vielleicht auch vergebens bemühen. Es bleibt dir nichts anders übrig als fremde Hilfe herbeizuholen und einen schweren Hammer zu schwingen. Dann bringst du diese Arbeit zu stande.

Und nun der kleine schwache Keimling in dem Samen! Darf er es wagen, sich mit deinen stolzen Kräften zu messen? — Lege ihn in die Erde, laß Feuchtigkeit und Frühlingsluft auf ihn einwirken, und siehe da, mit Leichtigkeit sprengt er sein Gehäuse und tritt wie ein Held daraus hervor.

Da wird es wohl klar, daß hierbei eine Arbeit ge
wird. Eine Arbeit, und zwar eine sehr bedeutungsvoll
es aber auch, wenn die Pflanze ihre Blätter im Fri
entfaltet, wenn sie Wasser durch die Wurzel aufzieht, K
säure der Luft entnimmt und wenn sie beides zu Stärke
arbeitet. Kurz, Arbeit an und in der Pflanze an
Orten!

Arbeit verlangt aber Werkzeuge, und zwar nennt
wie schon gesagt, die Werkzeuge, welche die Pflanze zu
thätigung des Lebens bedarf, mit dem griechischen Wort
Organe. Wollen wir eine Arbeit verrichten oder auch
verstehen, so müssen wir die Werkzeuge, welche zu ihrer
richtung nötig sind, kennen und verstehen. Wir werden
nun einen Blick auf die äußeren Organe der Pflanze w
dabei aber stets auf das Leben der Pflanze zurückgehen
den Anteil erforschen, den die verschiedenen Organe a
Gesamtlebensthätigkeit der Pflanze haben. Mit andern W
wir werden nach dem Zweck der Organe forschen; denn
im Licht des Lebens selbst läßt sich ein Werkzeug des L
verstehen.

Einem Irrtum ist hier aber von vornherein zu begeg
Des Naturforschers Hauptinteresse liegt darin, die Kaus
d. h. Ursächlichkeit der Naturerscheinungen aufzudecken
wird also auch nach der Ursache fragen, derzufolge die Pfl
organe gerade diese ihnen eigene Ausbildung haben.
Frage ist eine ganz andere als die nach dem Zweck
Organs. Wenn wir also z. B. auch wissen, daß der
den Zweck hat, die Wasserverdunstung aus dem älteren Pfl
stamm zu verhindern, so ist damit doch nicht die Ursach
Korkbildung erklärt. Darüber müssen wir uns stets
*bleiben, zumal da man heute* gar zu gern sich mit der

logischen (zweckfetzenden) Erklärungsweise begnügt und oft genug glaubt, damit eine ursächliche, kausale Erklärung geliefert zu haben.

Die Organe der Pflanze nach den Lebensaufgaben derselben einzuteilen, wie wir es bei den Tieren machen können, geht nicht gut an, und zwar deshalb nicht, weil die Organe der Pflanze nicht wie die des Tieres einen einheitlichen Charakter haben, sondern viel mehr als die des Tieres zu gleicher Zeit mehreren Zwecken dienen; man müßte sie demnach vom physiologischen Gesichtspunkt aus mehrmals behandeln. Wir wählen daher zur Einteilung lieber einen rein morphologischen Gesichtspunkt.

Ein gutes Einteilungsprinzip wäre es, wenn man die Achsenorgane den Anhangsorganen gegenüberstellte; gebräuchlicher ist es aber, Wurzel und Sproß zu unterscheiden und diese Einteilung wollen auch wir wählen. Der Sproß selbst kann vegetativ sein, d. h. der Ernährung dienen, oder sexuell sein, d. h. der Fortpflanzung dienen. An dem Sproß unterscheidet man als wichtigste Anhangsgebilde die Blätter, so daß man auch wohl von Wurzel, Sproßachse und Blatt als den drei Hauptorganen reden kann.

Ehe wir nun diese Organe näher betrachten, sei noch auf einige allgemeine Punkte etwas eingegangen. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß die Abgrenzung der Organe in bezug auf ihr Arbeitsfeld keine scharfe ist, was sich auch darin offenbart, daß ein Organ imstande ist, das eigene Arbeitsfeld unter Umständen vollständig zu verlassen und anderen Zwecken zu dienen. Es sind dann immer bestimmte äußere Verhältnisse, welche mitwirken. Jedenfalls aber können wir für jedes Organ eine den normalen Verhältnissen entsprechende Form auffinden, von der wir passender Weise ausgehen und die wir als di

typische (ständige) Form bezeichnen wollen. Hat das Organ aber, durch irgend welche äußere Verhältnisse veranlaßt, seine eigentliche Arbeit aufgegeben, um eine andere zu leisten, so wollen wir eine derartige Form metamorph (umgestaltet) nennen. Bei derartigen metamorphen Organen hat jedoch nicht etwa ein Rückgang der Lebensthätigkeit stattgefunden. Liegt aber ein solcher vor, so spricht man von reduzierten (verkümmerten) Formen. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Pflanzen eine aufsteigende Leiter der Vollkommenheit aufweisen und daß dabei naturgemäß auch die Organe einen niedrigeren und höheren Grad der Vollkommenheit erkennen lassen werden. Da man sich nun berechtigt glaubt, für die gesamte Lebewelt eine Entwicklung anzunehmen, so faßt man jene niederen Formen als zurückgebliebene, rudimentäre auf.

Das Gesagte wird zwar seine hellere Beleuchtung erst durch die nähere Betrachtung der Organe erlangen, allein es wird doch von vornherein klarer werden, wenn wir es durch ein Beispiel erläutern. Die typische Form des Blattes besitzt, wie wir sehen werden, eine flache Spreite (und einen Stiel), mit einem grünen Blattgewebe und zahlreichen Gefäßbündelsträngen; ein derartiges Blatt dient der Ernährung und Wasserverdunstung. Es können aber Umstände eintreten, denen zufolge diese Aufgabe zurücktritt, ohne daß die Lebenssphäre der Pflanze selbst sich erniedrigt; dann können die Blätter ganz oder teilweise andere Arbeiten übernehmen; so können zu Ranken metamorphosierte Blätter dazu beitragen, einen schwachen Stamm aufrecht zu halten. Als ein Niedergang des Lebens wird es aber betrachtet, wenn die Pflanze den Stand ihrer köstlichen Freiheit, der ihre selbständige Ernährung mittelst Wasser und Kohlensäure erlaubt, verläßt, sich sklavisch anderen Wesen beigesellt und von deren Arbeits-

ertrag zehrt, d. h. wenn sie zum Schmarotzer wird; denn die Schmarotzer gewöhnen sich mehr und mehr an ein dolce far niente, und dies ist stets in der Natur mit einem Rückgang der gesamten Organisation verbunden; derartige Schmarotzerpflanzen verlieren das anderen Pflanzen so kostbare Blattgrün und ihre Blätter schrumpfen mehr oder weniger zu kleinen Schuppen zusammen, denen man den stolzen Namen Blatt nicht mehr recht geben mag. Das ist dann eine reduzierte Form. Ist endlich das Blatt einer niedrigeren Pflanze noch gar einfach gebaut, weil es seinem genügsamen Besitzer nur kleine, einfache Dienste zu leisten hat, wie z. B. beim Moos, wo es oft aus nur einer einfachen Zellfläche besteht, so nennt man es rudimentär.

Aus alle dem geht nun hervor, daß es oft mit Schwierigkeiten verbunden sein wird, aus der fertigen Gestalt eines Organs seine wahre Bedeutung abzulesen. Da bietet sich nun ein gutes Hilfsmittel in der entwicklungsgeschichtlichen Methode dar. Wie die Pflanze sich bekanntlich aus kleinem Anfang entwickelt, so auch ein jedes Organ an ihr. Verfolgt man nun die Entwicklung eines fraglichen Organs, so erhält man oft bemerkenswerte Aufschlüsse, die das fertige Organ verweigert. Eine genaue Untersuchung der Pflanzenorgane kann daher diese entwicklungsgeschichtliche Methode auf keinen Fall entbehren. Wir unsererseits müssen freilich auf eine eingehendere Behandlung von diesem Gesichtspunkt aus verzichten; da jedoch die Entwicklungsgeschichte außerordentlich zum Verständnis der Gestaltkunde (Morphologie) beiträgt, wollen wir diese doch wenigstens durch ein allgemeines Bild von der Entwicklungsgeschichte einleiten.

## 2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane.

Die ganze Pflanze und wäre es auch der mächtigste Eichbaum, entsteht aus einer einzigen kleinen Zelle. Durch vielfache Teilungen geht aus dieser Zelle ein Zellkörper hervor und aus ihm durch Hervorwachsen bestimmter Partieen die Anlage der ersten Organe, die sich dann ihrerseits auf ähnliche Weise durch fortdauernde Teilung ihrer Zellen und dadurch bewirktes Wachstum weiterhin ausbilden und nach und nach die ihnen eigene Form erhalten. Bei der Entfaltung eines derartigen Organs ist dann gewöhnlich nur noch eine Streckung und Ausdehnung dessen, was vorhanden ist, nötig, um es zu vollenden. Im Prinzip ist es nicht nur bei der ersten Anlage eines jungen Pflänzleins so, sondern auch bei der Entstehung neuer Pflanzenteile an der schon erwachsenen Pflanze. Ihr Bildungsort ist unter normalen Verhältnissen entweder der Gipfel der Pflanze und ihrer Seitenäste oder der Winkel des Blattes. Sie führen im allgemeinen den Namen „Knospe", besonders aber dann, wenn bei einer Unterbrechung der Vegetationsperiode das Leben sich hierhin gewissermaßen zum Schlummer zurückzieht, um beim Beginn der neuen Periode von hier aus wieder zu erwachen. Andererseits wächst auch die Pflanze an ihrem Gipfel mehr oder weniger andauernd fort, und zwar sowohl am Sproß wie auch an der Wurzel.

Der äußerste Gipfel der Knospe, der sogenannte Vegetationskegel, ist eine gewölbte Kuppe von zarten, teilungsfähigen Zellen (Meristem), in welchen das geheimnisvolle Leben wie sonst an wenig Stellen des Pflanzenkörpers pulsiert. Hier entstehen die neuen Seitenorgane der Achse, also in erster *Linie die Blätter* als kleine Zellhöcker, Hervorwölbungen, die *mehr und mehr* Kapuzenform annehmen, und dadurch den

Vegetationskegel schützend umgeben. Je mehr man sich von dem Gipfel der Knospe entfernt, um so weiter ist die Ausbildung der Blätter vorgeschritten. Die ältesten dienen, durch mannigfache anderweitige Vorkehrungen unterstützt, schon wirksam zum Schutz der Knospe; daß diese, die ja die Hoffnung der ganzen Pflanze darstellt, eines Schutzes bedarf, liegt ja auf der Hand.

Das in der Erde fortwachsende Achsenende, also die Spitze der Wurzel, bietet ein wesentlich anderes Bild. Die Wurzelspitze bedarf nämlich eines ganz besonderen Schutzes, um nicht verletzt zu werden, wenn sie zwischen den Erdteilchen hindurchwachsend ihren Weg durch den Boden sucht. Die eigentliche Vegetationsspitze ist daher hier, wie der Finger vom Fingerhut, von einer Kappe, der sogenannten Wurzelhaube, umgeben, deren Zellen sich ebenfalls von dem Vegetationskegel aus erneuern. Der zweite wesentliche Unterschied besteht darin, daß sich an der Wurzel die Seitenorgane nicht durch Hervorwölben oberflächlich gelegener Zellen und Zellenmassen bilden. Es giebt ja natürlich auch Seitenwurzeln, allein diese entstehen stets nicht oberflächlich, sondern im Innern an der Außenseite des Gefäßbündelcylinders; sie müssen also die mehr oder weniger mächtige Rinde der Wurzel erst durchbrechen.

## 3. Die Wurzel.

Wir betrachten als Wurzel dasjenige Organ oder System von Organen, welches in die Unterlage (für gewöhnlich der Erdboden) hineinwächst und nicht nur die übrige Pflanze darin festhält, sondern auch aus ihr den einen Teil der Nahrung, nämlich Wasser mit darin gelösten Nährsalzen, zieht.

*Schon der Same besitzt ein „Würzelchen", d. h. ein kleines Zäpfchen, das bei der Keimung zur Wurzel auswächst.*

Es hat das sonderbare Bestreben, der Richtung der Sch
kraft folgend, senkrecht nach unten zu wachsen. Bald beg
es Seitenwurzeln zu treiben, die ihrerseits dasselbe thun
daß allgemach ein reiches Netz von Wurzeln den Erdb
durchzieht. Selbstverständlich geschieht dies nach dem
dürfnis der Pflanze; je größer und schwerer diese wird, i
größer ist die Arbeit, welche die Wurzel leisten muß, um
Pflanze, z. B. dem Zug des Windes entgegen, im B
festzuhalten. Bei Pflanzen mit verholzendem oberirdis
Sproß findet gewöhnlich auch eine Verholzung der un
irdischen Teile der stärksten Wurzeln statt. Die Aufgabe
artiger Wurzeln besteht natürlich lediglich im Festhalten
Pflanze im Boden. Manche Pflanzen erreichen diesen Z
indem sie *eine* kräftige Hauptwurzel, die man dann *Pfa
wurzel* (Fig. 6, a) nennt, ohne bemerkenswerte Nebenwurz

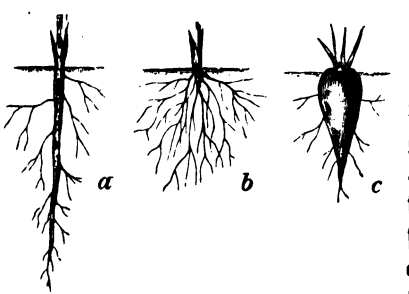



Fig. 6.
*Wurzelformen.* a Pfahlwurzel, b Faserwurzel, c Rübenwurzel.

tief in die Erde fer
(z. B. die Möhre
andere Dolden
pflanzen). Andere
gegen bilden
Hauptwurzel wen
stark aus und fer
statt dessen von
aus allseitig kräf
Nebenwurzeln
durch welche sie
gehalten werden,
lich wie die Taue den Mast festhalten. Wird die Ha
wurzel sehr stark, so spricht man von rübenförmiger Wu
(*z. B. kultivierte* Möhre, Fig. 6, c).

*Es ist aber* gar nicht selten, daß das Würzelchen

Samens sein Wachstum sehr bald einstellt; dann fehlt von vornherein eine Hauptwurzel und an deren Stelle wachsen am Wurzelende büschelförmig Nebenwurzeln hervor, die nun die Arbeit der Hauptwurzel übernehmen. Man spricht in diesem Fall von Faserwurzeln (Fig. 6, b) (z. B. bei den Gräsern).

Eine zweite Aufgabe der Wurzeln ist die, das Wasser aus dem Boden aufzusaugen. Zu dem Zweck besitzen sie Saughaare, d. h. lange, einzellige Schläuche, Ausstülpungen der Wurzelepidermis, welche in den Boden eindringen und mit den Bodenteilchen geradezu verwachsen, um die Feuchtigkeit des Bodens wirksamer aufsaugen zu können. Junge Wurzeln sind daher wie mit einem Pelz von Erde bedeckt die an den Wurzelhaaren hängt. Diese Wurzelsaughaare stehen aber nicht überall an den Wurzeln, sondern nur in einer bestimmten Region hinter der fortwachsenden Spitze. In dem Maße als die Wurzelspitze weiterwächst, wachsen an ihr auch neue Wurzelhaare hervor und sterben die älteren von hinten her ab. Dadurch werden die wasserauffangenden Teile der Wurzeln immer weiter in die Erde hineingeschoben, kommen an immer neue Stellen des Bodens und können denselben besser ausnutzen. Die Menge der Blätter entspricht derjenigen der Wurzelhaare; denn je mehr die Laubblätter Wasser verdunsten, um so mehr muß wieder für Wasseraufnahme gesorgt werden. Ebenso muß eine der aufgenommenen Kohlensäure entsprechende Menge von Wasser aufgenommen werden, damit beide für die Ernährung verwendet werden können.

Das Gesagte steht im engen Zusammenhang mit jener Eigenschaft der Wurzeln, welche man als Geotropismus, als Streben nach der Erde hin, bezeichnet. Die Hauptwurzel

hat nämlich das Bestreben, senkrecht in die Erde zu wachsen, ein Bestreben, das die Wurzel eben befähigt, in ihre Unterlage einzudringen und das man auf verschiedene Reizwirkungen zurückzuführen hat. Die Schwerkraft zieht die Wurzel nach unten, das Licht treibt sie von sich fort und obendrein zieht Feuchtigkeit sie an. Etwas anders wirken diese Reize auf die Seitenwurzeln, insofern diese nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von der Hauptwurzel ab wachsen.

Die Metamorphose, welche die typische Wurzel erfahren kann, ist keine sehr weitgehende. Es läßt sich denken, daß sie dann besonders eintreten wird, wenn die Umgebung der Wurzel eine veränderte ist. Es giebt an vielen Pflanzen Luftwurzeln, welche zunächst den Zweck haben, die Pflanze zu stützen, sei es dadurch, daß sie sich der Unterlage eng anschmiegen und sich an ihr festsaugen (Epheu), oder daß sie von größerer Höhe zum Erdboden herabwachsen und, wenn sie diesen erreicht haben, als Stützen dienen (Pandanen, Mangrovebaum). Andere Luftwurzeln wachsen entgegen der Sitte ihrer Schwestern, statt in die Erde, aus ihr heraus in die Luft hinein. Sie dienen als Atmungsorgane, welche für die Pflanzen Luft schöpfen. Auch dieses merkwürdige Verhalten findet man an einigen Pflanzen der Mangrovevegetation.

Bei manchen Palmen sind die Seitenwurzeln zu Schutzorganen geworden, indem sie sich in Dornen umwandelten.

Am merkwürdigsten ist es aber doch, daß es Pflanzen giebt, bei denen die Wurzeln geradezu die Arbeit der Blätter übernehmen, indem sie bandförmig glatt sind, reichlich Blattgrün enthalten und dem entsprechend die eigentliche Ernährung besorgen.

Wasserpflanzen zeigen oft eine starke Metamorphose der *Wurzel.* Das ganze Wurzelsystem kann ja hier naturgemäß *vereinfacht sein;* ja manchmal ist es auf nur eine ein-

Wurzel beschränkt, wie bei der allbekannten Teichlinse. Bei einer Pflanze, Jussieua, wandelt sich ein Teil der Wurzeln in Schwimmorgane um, indem sie ein schwammiges Gewebe reich an Luft aufweisen, was die Pflanze leichter macht und sie im Wasser emporhebt.

Die reduzierten Wurzeln der Schmarotzer haben zwar dieselbe Doppelaufgabe wie diejenigen der selbständigen Pflanzen, allein sie weisen doch eine gänzlich veränderte Form auf, weil sie diese Aufgaben auf einer ganz anders gearteten Unterlage zu erledigen haben. Es sind gewöhnlich kurze, senkerförmige Fortsätze, welche in den Körper des Wirts eindringen, die Pflanze hier festhalten und gleichzeitig die Säfte des Wirts auffaugen, wie man das z. B. deutlich an der überall vorkommenden Mistel sieht, wenn man das Stück, welches der Wirtpflanze aufsitzt, genauer untersucht. Bei andren Schmarotzern geht die Reduktion noch weiter, ja schließlich ist die ganze Wurzel nur eine Saugscheibe. Man nennt derartige Saugorgane Haustorien.

Die niedrigeren Pflanzen haben auch einfachere rudimentäre Wurzeln, gewöhnlich Wurzelhaare, die der Oberhaut des Vegetationskörpers unmittelbar entspringen, die aber nach Zweck und Arbeit ganz den Wurzeln der höheren Pflanzen entsprechen (so die Moose und Flechten). Es kann übrigens, wie bei den Schimmelpilzen, vorkommen, daß hierbei die reiche Verzweigung des Wurzelsystems höherer Pflanzen von einer einzelnen Zelle geradezu nachgeahmt wird.

### 4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm).

Wir verstehen unter Sproß denjenigen Teil der Pflanze, welcher sich über die Unterlage erhebt und Blätter und Blüten trägt. Es ist angebracht, die Achse, die Blätter und Blüten für sich gesondert zu betrachten.

Die Aufgabe der typischen Achse prägt sich nament
im inneren Bau derselben aus. Als Träger anderer Org
hat sie das Bestreben, sich und jene Anhangsorgane aufr
zu halten, muß also unbedingt den mechanischen Gesetzen
Säulenfestigkeit und der Biegungsfestigkeit entsprechend
baut sein (s. auch oben).

### a) Baumechanik der Achse.

Das Prinzip eines Baumeisters ist bekanntlich,
möglichst wenig Material möglichst viel zu erreichen.
ihrem Aufbau verfährt die Pflanze ebenso. Die Zellen, we
zur Herstellung des mechanischen Baugerüstes benützt wer
sind die Bastfasern, die Holzfasern und das Kollenchym.
in der Bautechnik einen Tragebalken biegungsfest zu mac
wird er an der Peripherie mit starken „Gurtungen" verseh
alles andere hat als Füllung mechanisch wenig Bedeutu
Den aus Gurtungen und Füllung gebildeten Balken ne
man einen Träger. Solche Träger finden wir nun auch
der Sproßachse der Pflanzen und, da die Pflanze doch allse
biegungsfest sein soll, müssen die Träger der Sproßachse a
allseitig, d. h. im Kreis verteilt sein. Je zwei durch ei
Querschnittsdurchmesser verbundene Gürtungen, d. h. B
faserbündel, stellen einen Träger dar. Die Füllungen wer
von den anderen Teilen der Gefäßbündel und von dem Gru
gewebe gebildet. So bilden z. B. in Fig. 5a je zwei gegenül
liegende Bündel einen Träger. In manchen Fällen erfahren d
derartige einfache, im Kreis gestellte Träger noch Verstärkun
durch mechanische Elemente, seien es Bündel von isolierten B
fasern oder von Kollenchym. In einem anderen Fall schlie
*die einfachen* Träger seitlich zu einer cylindrischen Röhre
*sammen, an die* sich dann die Leitbündel innen oder a

anlegen. Auch hier können Verstärkungen eintreten, die oft die cylindrische Baströhre direkt mit der Epidermis verbinden.

Ein dritter Haupttypus entsteht, wenn die einzelnen Gefäßbündel für sich (nicht zwei sich auf einem Durchmesser gegenüberliegende Bündel) Träger darstellen, indem sie auf beiden Seiten Gurtungen besitzen; es kommt das besonders bei den Monokotylen vor. Oft finden sich dabei mehrere Kreise von konzentrischen Trägern. Zuweilen erfahren sie eine besondere Verstärkung durch eine cylindrische Röhre.

Wir müssen uns mit diesen wenigen Andeutungen über dieses hochinteressante Gebiet der pflanzlichen Baumechanik begnügen. Es ist übrigens eines jener Gebiete, deren Erforschung schon mit geringeren Hilfsmitteln auch der Laie sich angelegen sein lassen kann; denn da es sich ja dabei nur um gröbere anatomische Verhältnisse handelt, so kommt man schon mit geringeren Vergrößerungen aus.

Wir wollen übrigens bei der vorliegenden Frage nach der Säulen- und Biegungsfestigkeit der Sproßachsen doch noch eines Umstandes gedenken, der uns einen Fingerzeig dafür giebt, daß man sich hüten muß, lediglich den besprochenen Bauverhältnissen mechanische Bedeutung zuzusprechen. Wenn man einer sonst aufrechtstehenden krautigen Pflanze die Oberhaut abzieht, so verliert sie bedeutend an Biegungsfestigkeit, und wenn man sie unverletzt aus dem Boden nimmt und auch nur kurze Zeit an der Luft liegen läßt, so wird sie, wie man sagt, welk, d. h. nichts anderes als, sie verliert ihre Biegungsfestigkeit und erschlafft in ihren Geweben. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß die Biegungsfestigkeit das Produkt mehrerer Faktoren ist: es kommt zu der inneren Baumechanik der Sproßachse noch hinzu die *Spannung*, welche von der elastischen Oberhaut ausgeübt *wird und die Spannung der mit Wasser gefüllten Zellen.*

In dem Vorstehenden ist jedoch nur der einen Aufgabe gedacht, welche die Sproßachse zu erfüllen hat, nämlich die Pflanze aufrecht zu erhalten. Daneben soll sie auch für die Zuleitung der Nährstoffe und die Ableitung der Baustoffe Leitungsbahnen herstellen. Wir wissen schon, daß hierfür wiederum die Gefäßbündel von besonderer Bedeutung sind, weshalb man ihnen auch den passenden, wenn auch etwas einseitigen Namen Leitbündel erteilt hat. Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß diese allerhand Zellen und Röhren enthalten, welche wässerige und eiweißartige Stoffe leiten. Es mag genügen, darauf noch einmal hinzuweisen.

### b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer.

Die Sproßachse hat in der ersten Lebenszeit der jungen Pflanze stets einen krautigen Charakter. Bei kurzlebigen Arten behält sie diesen auch stets bei, ebenso oft bei solchen, welche mit ihren oberirdischen Teilen bei Abschluß der Vegetationsperiode absterben. Bei solchen Pflanzen hingegen, welche eine längere Lebensdauer haben, nimmt die Achse, um den Winter überstehen zu können, eine holzige Beschaffenheit an, die wiederum mit oben berührten anatomischen Veränderungen zusammenhängt und sich äußerlich in Kork- und Borkenbildungen offenbart.

Man ist gewohnt, nach der mit der Lebensdauer zusammenhängenden Beschaffenheit der Sproßachsen die Pflanzen als Kräuter, Stauden und Holzpflanzen zu bezeichnen. Die Kräuter sind einjährig, wenn sie ihr Leben in einer Vegetationsperiode abspielen, zweijährig, wenn ein Teil des Sprosses samt den Wurzeln den Winter überdauert *und im nächsten* Jahr erst das Leben beschließt. Unter *Stauden versteht* man hingegen mehrjährige Pflanzen, welche

mit unterirdischen Organen überwintern, ihre oberirdischen, krautigen Teile jedoch im Winter abwerfen. Bleiben die oberirdischen Teile auch während des Winters, so sind sie gewöhnlich holzig und man nennt die Pflanzen dann *Holzpflanzen*. Behalten sie ihr Laub jahraus, jahrein, so sind sie immergrün; verlieren sie es im Herbst, so heißen sie sommergrün (laubwechselnd).

### c) Gliederung und Verzweigung der Achse.

Die Sproßachse trägt die Blätter, an deren Ansatzstellen sie mehr oder weniger zu einem *Knoten* verdickt ist. Von ihm aus zweigen in die Blätter gewisse Gefäßbündel ab, um dieselben mit den Hauptleitungsbahnen der Achse in Verbindung zu setzen. Durch diese Knoten wird die Sproßachse in einzelne Abschnitte geteilt, die man *Internodien* nennt. Die Blattachsel ist, abgesehen von der fortwachsenden Endknospe, der Ort der Neubildung am Sproß. Hier in der Blattachsel entstehen Knospen und aus ihnen Seitenachsen höherer Ordnung, wodurch die Verzweigung eingeleitet wird.

Die normalen Seitensprosse sind stets an die Achsel eines Blattes gebunden. Es giebt aber auch sog. *Adventivsprosse*, welche überall an der Pflanze auftreten können. So entstehen z. B. am Stamm der Pappeln und Weiden derartige *Adventivsprosse*, wenn sie der Krone beraubt sind; das in dem Stamm noch vorhandene Uebermaß von Kraft treibt dieselben gewissermaßen zur Erneuerung; da aber der Ort ihrer gesetzmäßigen Entstehung, d. h. die Blattachsel, nicht mehr vorhanden ist, so suchen sie einen Weg, wo sie ihn finden. Auch die Blattstecklinge der Begonien sind nichts andres *als* derartige Adventivsprosse. Bemerkenswert sind *auch die sogenannten* „reparativen Wurzelsprosse", welche beim

Löwenzahn, Gänsefingerkraut u. a. an den Wurzeln entstehen, wenn die oberirdischen Teile gewaltsam zerstört worden sind.

Die Verzweigungsverhältnisse sind äußerst mannigfach; wir können hier demnach nur allgemeine Richtlinien der dabei wirksamen Gesetze aufstellen. Es handelt sich dabei um das Verhältnis der Ausbildung von Haupt- und Nebenachsen. In dieser Beziehung kann zunächst eine grundsätzliche Verschiedenheit darin beruhen, daß die Hauptachse entweder an ihrem Ende ihr Wachstum einstellt, so daß Nebenachsen an ihre Stelle treten, oder daß sie weiter wächst und die Nebenachsen hinter ihr im Wachstum zurückbleiben. Im ersten Falle ist die Verzweigung eine Dichotomie (Gabelung), im zweiten ein Monopodium. Das Monopodium nennt man racemös, wenn die Nebensprosse in ihrer Entwicklung stets hinter ihrem jedesmaligen Hauptsproß zurückbleiben, so daß dieser sofort erkenntlich ist, dagegen heißt es cymös, wenn die Nebensprosse ihre Hauptsprosse, sowohl was Entwicklung als Verzweigung anbelangt, bald überholen.

Die Verzweigungsverhältnisse treten mit besonderer Deutlichkeit und Mannigfaltigkeit in den Achsen der Blütenregion d. h. in den sog. Blütenständen auf (Fig. 7). Racemöse Verzweigungen sind hier wieder entweder ährenartig, wenn die Seitenachsen, ohne sich zu verzweigen, sofort Blüten tragen oder rispenartig, wenn die Seitenachsen sich weiter verzweigen. Wenn bei der ährenartigen Verzweigung die Hauptachse verlängert ist, und die Blüten ohne Stiel sitzen, so spricht man von einer Aehre (Wegerich); sind die Blüten lang gestielt, so ist es eine Traube (Reseda). Sind bei ährenartiger Verzweigung und kurzer Hauptachse die Blüten ungestielt, so ist der Blütenstand ein Köpfchen (Klee) oder Körbchen (Kamille), dagegen eine Dolde (Schirling), wenn er unter denselben Verhältnissen lang-

gestielte Blüten besitzt. Auch die rispenartige Verzweigung läßt mancherlei Abänderungen zu.

Bei der cymösen Verzweigung der Blütenstandachsen richtet sich die Verschiedenheit nach der Zahl der unter der Endblüte, die den Hauptsproß darstellt, entstehenden Seitenblüten. Ist es nur einer, so entsteht eine Scheinachse; wenn sich die Seitensprosse nur nach einer Seite entwickeln, so nennt man den Blütenstand Schraubel (Vergißmeinnicht); wenn sie sich abwechselnd nach zwei Seiten entwickeln, so ist der Blütenstand ein Wickel (Johanniskraut). Wenn mehrere gleichartige Seitensprosse vorhanden sind, so kann man von einer Scheinachse nicht reden; sind diese Seitensprosse nach Zahl und Länge unbestimmt, so ist es eine Spirre (Binse); sind dagegen die an Zahl geringen Seitensprosse gleich lang, so ist es eine cymöse Dolde (Wolfsmilch); sind es endlich nur zwei, so ist es ein Dichasium (Nelke).

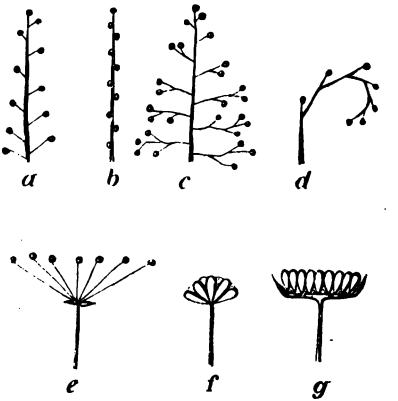



Fig. 7.
Schemata der Blütenstände.
a Traube, b Aehre, c Rispe, d Schraubel, e Dolde, f Köpfchen, g Körbchen.

### d) Der Knospenstamm.

Der jugendliche Sproß des Keimpflänzchens hat eine sehr *gekürzte Achse*, welche einerseits direkt in das Würzelchen

Löwenzahn, Gänsefingerkraut u. a. an den Wurzeln e
wenn die oberirdischen Teile gewaltsam zerstört word

Die Verzweigungsverhältnisse sind äußerst man
wir können hier demnach nur allgemeine Richtlinien d
wirksamen Gesetze aufstellen. Es handelt sich dabei
Verhältnis der Ausbildung von Haupt- und Nebenach
dieser Beziehung kann zunächst eine grundsätzliche Ver
heit darin beruhen, daß die Hauptachse entweder a
Ende ihr Wachstum einstellt, so daß Nebenachsen
Stelle treten, oder daß sie weiter wächst und die Neb
hinter ihr im Wachstum zurückbleiben. Im ersten
die Verzweigung eine Dichotomie (Gabelung), im
ein Monopodium. Das Monopodium nennt man ra
wenn die Nebensprosse in ihrer Entwicklung stets hinte
jedesmaligen Hauptsproß zurückbleiben, so daß diese
erkenntlich ist, dagegen heißt es cymös, wenn die
sprosse ihre Hauptsprosse, sowohl was Entwicklung a
zweigung anbelangt, bald überholen.

Die Verzweigungsverhältnisse treten mit besondere
lichkeit und Mannigfaltigkeit in den Achsen der Blüt
d. h. in den sog. Blütenständen auf (Fig. 7). Rac
Verzweigungen sind hier wieder entweder ährenartig
die Seitenachsen, ohne sich zu verzweigen, sofort Blüte
oder rispenartig, wenn die Seitenachsen sich wei
zweigen. Wenn bei der ährenartigen Verzweigung die
achse verlängert ist, und die Blüten ohne Stiel si
spricht man von einer Aehre (Wegerich); sind die
lang gestielt, so ist es eine Traube (Reseda).
bei ährenartiger Verzweigung und kurzer Hauptac
*Blüten ungestielt*, so ist der Blütenstand ein Kö
*(Klee) oder* Körbchen (Kamille), dagegen eine
*(Schirling)*, wenn er unter denselben Verhältnis

gestielte Blüten besitzt. Auch die rispenartige Verzweigung läßt mancherlei Abänderungen zu.

Bei der cymösen Verzweigung der Blütenstandachsen richtet sich die Verschiedenheit nach der Zahl der unter der Endblüte, die den Hauptsproß darstellt, entstehenden Seitenblüten. Ist es nur einer, so entsteht eine Scheinachse; wenn sich die Seitensprosse nur nach einer Seite entwickeln, so nennt man den Blütenstand Schraubel (Vergißmeinnicht); wenn sie sich abwechselnd nach zwei Seiten entwickeln, so ist der Blütenstand ein Wickel (Johanniskraut). Wenn mehrere gleichartige Seitensprosse vorhanden sind, so kann man von einer Scheinachse nicht reden; sind diese Seitensprosse nach Zahl und Länge unbestimmt, so ist es eine Spirre (Binse); sind dagegen die an Zahl geringen Seitensprosse gleich lang, so ist es eine cymöse Dolde (Wolfsmilch); sind es endlich nur zwei, so ist es ein Dichasium (Nelke).

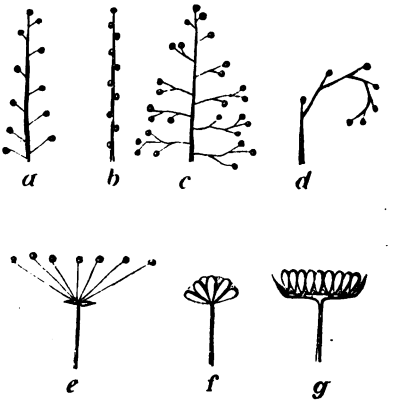



Fig. 7.
Schemata der Blütenstände.
a Traube, b Aehre, c Rispe, d Schraubel, e Dolde, f Köpfchen, g Körbchen.

### d) Der Knospenstamm.

Der jugendliche Sproß des Keimpflänzchens hat eine sehr *gekürzte Achse*, welche einerseits direkt in das Würzelchen

übergeht, andererseits zwei besondere Blätter, die Keimblätter, trägt und zwischen diesen ein kleines Knöspchen, die sogenannte Plumula. Diese erste Sproßachse der Pflanze heißt das hypokotyle Stengelglied. Durch seine Streckung wird die junge Keimpflanze aus der Samenhülle herausgeschoben und das erste Blattpaar dem Licht entgegengetragen. Dieser Vorgang, die Keimung, zeigt mannigfache Verschiedenheiten.

Die andere Jugendform der Sprosse, nämlich der Seitenachsen, ist die Knospe. Auch sie ist eine stark verkürzte Achse aber es sitzen an ihr zahlreiche Blätter, welche, je weiter nach innen, desto unausgebildeter und mannigfach gefaltet sind Nach außen wird dies ganze Gebilde von besonderen Blättern umhüllt, deren wir später noch gedenken werden. Die Knospen sind Organe, welche die Pflanze nach einer Unterbrechung der Vegetation, wie sie in Wüsten und Steppen durch Trockenheit und bei uns durch Kälte hervorgerufen wird, erneuern sollen und daher auch eine Eigentümlichkeit der betreffenden Klimate

Es sei hier noch zweier anderer Knospenarten gedacht nämlich der Brutknospen mancher Pflanzen, welche sich von dem Mutterspross loslösen und eine neue Pflanze bilden, und ferner der sog. schlafenden Knospen. Dieselben entstehen wie andere normale Knospen in den Achseln der Blätter allein sie verschwinden, indem sie nicht zur Entwicklung kommen und von der Rinde des Baumes überwallt werden. Sie behalten aber doch noch als eine verborgene Reserve ihre Entwicklungsfähigkeit, und wenn einmal die Krone des betreffenden Baumes fortgenommen wird, so daß der Baum alle seine normal angelegten Knospen verliert, so brechen sie, die Schläfer *aus der Verborgenheit* hervor und suchen noch einmal die *Existenz des Baumes* zu retten. Es liegt auf der Hand

daß diese aus „schlafenden Knospen“ hervorgegangenen Sprosse oft mit Adventivsprossen verwechselt werden können.

Anmerkung. Die Form und Ausbildung der Sproßachsen kann im übrigen eine sehr verschiedenartige sein; sie wird durch innere Gesetze und durch die äußeren Verhältnisse in gleicher Weise bestimmt. Uebrigens ist sie derartig mit dem Blatt verknüpft, daß wir bei dessen Besprechung noch manche Einzelheiten berühren werden, die wir hier übergehen. Wir wollen auch der metamorphosierten und anderer Formen der Achse erst später gedenken und lieber des besseren Verständnisses halber sofort zur Betrachtung des Blattes übergehen.

## 5. Das Blatt.

### a) Teile des Blattes.

Das Blatt ist das wesentlichste Organ der Sproßachse, da es als wichtiges Ernährungsorgan zur Erhaltung des Individuums dient, was nun doch einmal bei dem berechtigten Egoismus in der Natur die Hauptsache ist. Das Blatt hat seiner Bedeutung als Ernährungsorgan zufolge einen hierauf eingerichteten anatomischen Bau, dessen wir oben schon zur Genüge gedachten. Aeußerlich zeigt es drei Hauptteile; den **Blattgrund** d. h. den Teil, mit welchem es an der Sproßachse sitzt, den **Blattstiel** und die *Spreite* (Fig. 8). Zu

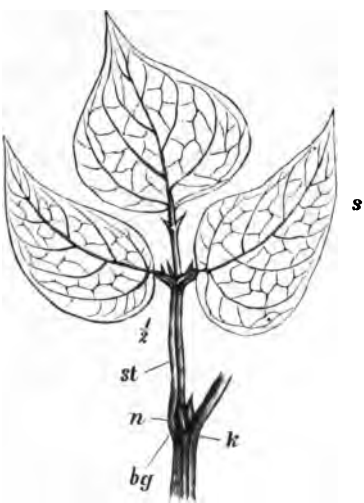



Fig. 8.
Phaseolus multiflorus, Bohne, Blatt, 1/1. s Spreite (dreiteilig), st Blattstiel, bg Blattgrund, n Nebenblätter, k Knoten der Achse.

dem Blattgrund gehören die sogenannten **Nebenblattbildungen** an, d. h. gesonderte, blattartige Bildungen, die neben dem Blattstiel auftreten. Wenn der ganze Blattgrund eine den Stengel umfassende Erweiterung erfährt, so nennt man dies eine **Scheide**; sie dient zum Schutz der Knospen oder, wie bei den Gräsern, zum Schutz und Aufrechterhalten eines schwachen Stengels. Mehr blattartige Gebilde des Blattgrundes heißen **Nebenblätter** (Stipulae). Sie können, wie beim Stiefmütterchen und bei der Erbse, eine größere Ausdehnung gewinnen, ja sogar die fehlende Blattspreite wirksam vertreten; andererseits können sie zum Schutz der Knospe dienen und daher nach deren Entfaltung abfallen oder endlich können sie überhaupt ganz fehlen.

Der **Blattstiel** soll das Blatt tragen und es in die

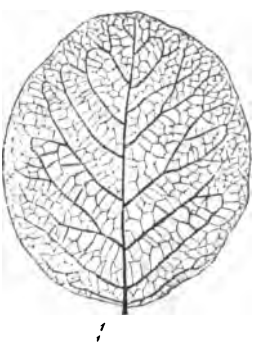


Fig. 9.
Blatt von Symphoricarpus racemosus, Schneebeere.

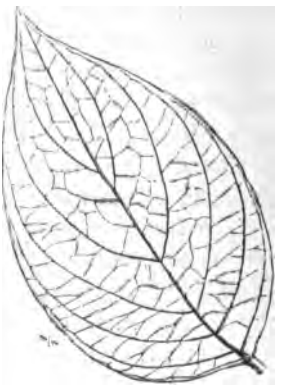


Fig. 10.
Blatt von Viburnum spec., Schneeball.

*günstigste Lage* d. h. in Licht und Luft befördern; seine Aus*bildung hängt daher* ganz besonders von den Umständen ab

Er ist kurz, wenn die Blätter auch ohne ihn Licht und Luft genug bekommen, lang, wenn die Pflanze in einem dichten Gewirr von ihresgleichen und anderen Bürgern des Pflanzenstaates lebt, so daß jedes Blatt sich anstrengen muß, daß es zu seinem Recht kommt. Er kann einen verschiedenartigen Querschnitt besitzen. Hat er auf der Oberseite eine Furche, so ist dies gewissermaßen die Dachrinne, welche den Regen von der Blattfläche aus zum Stengel und an diesem hinunter zur Erde leitet. Vorkehrungen am Stengel wie Rinnen, Haarleisten, flügelartige Vorsprünge und Leisten unterstützen diese Arbeit des Blattstiels.

Die Blattfläche oder Spreite (Lamina) besteht aus einem grünen Flächengewebe, das von einem reichen Netz von Gefäßbündeln durchzogen ist, s. unten. Die Blattform ist einer großen Mannigfaltigkeit unterworfen. Da sprechen

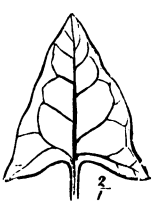


Fig. 11. Blatt von Atriplex latifolia.

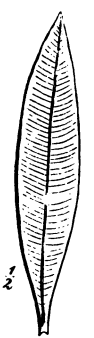


Fig. 12. Blatt von Nereum Oleander.

Fig. 13. Blatt von Convallaria majalis, Maiblume.

wir von runden (Fig. 9), eiförmigen (Fig. 14), elliptischen (Fig. 10), herzförmigen (Fig. 15), nierenförmigen, pfeil- und

spießförmigen, dreieckigen (Fig. 11), lanzettlichen (Fig. 12 linealen Blättern. Vollständig einfach und ungeteilt ist d Blattfläche selten, sie zeigt zum wenigsten einige Einschnit am Rand. Sind hierbei Zähne und Einschnitte spitz, so hei der Rand gesägt (Rose) (Fig. 18 und 15); sind die Zähn spitz, die Einschnitte abgerundet, so ist das Blatt gezäh (Löwenzahn) (Fig. 17); gekerbt (Gundelrebe) (Fig. 14) nen man es, wenn die Zähne abgerundet, die Einschnitte dageg spitz sind; buchtig endlich, wenn beide abgerundet sind (Eiche Gehen die Einschnitte tiefer, so wird das sonst ganze Bla lappig (Fig. 16) oder spaltig (Fig. 17) geteilt genannt, nachdem die Teilung geringer oder größer ist. Entwed gehen dann die Teile von einer Stelle aus wie die Fing

Fig. 14.
Blatt von Mercurialis annua, Bingelkraut.

Fig. 15.
Blatt von Vitis vulpina, Fuchswein.

*von der Hand:* fingerförmige Teilung (Fig. 17, die hier da *gefiederte Art der* Teilung wird speziell fußförmig genan

oder die Teile liegen seitlich an einer Hauptspindel, so wie die Fasern der Feder an ihrer Spule sitzen: fiederförmige Teilung.

Gehen die Einschnitte nun noch weiter, so daß sie selbstständige Abschnitte bilden, so heißt das Blatt zusammengesetzt, wobei man wieder das gefingerte Blatt von dem gefiederten (Fig. 18) unterscheidet. Die Zusammensetzung kann sich mehrfach wiederholen (doppelt-, dreifach- u. s. w. gefiederte Blätter).

Fig. 16.
Blatt von Mina lobata.

Man könnte nach dem Zweck dieser Verschiedenheit in der Blattbildung fragen. Wir sind uns aber darüber noch nicht klar genug. Ein einfaches Blatt ist, zumal wenn es sonst nicht genügend dagegen geschützt ist, dem Zerreißen durch allerhand mechanische Einflüsse, wie in Sonderheit Wind, Hagel und Regen, stark ausgesetzt. Man wäre fast versucht, bei einem zusammengesetzten Blatt zu sagen: die Natur habe hier das Zerreißen gesetzmäßig selbst besorgt, um dem unregelmäßigen Zerreißen durch äußere Einflüsse vorzubeugen.

### b. Die Nervatur des Blattes.

Die Nervatur des Blattes verfolgt einen doppelten Zweck. Sie stellt einmal die für das Blatt nötigen Leitungsbahnen her und ferner bildet sie ein festes Gerüst, welches die Blattfläche ausgebreitet dem Licht entgegenhält. Dem zweiten Zweck dienen vornehmlich die stärkeren Stränge.

zwiſchen denſelben findet ſich aber ein äußerſt feine dünner Adern, die man oft erſt bei durchſcheinenden ſieht und die das Ernährungsgewebe derartig durch daß von ihm aus die Baustoffe allſeitig auf dem kü Weg in die Hauptverkehrswege des Pflanzenkörpers ge können.

Die Anordnung der Adern iſt wiederum ein Gebi außerordentlicher Mannigfaltigkeit. Ihre Haupttypen ſprechen denen der Blattteilung. Richtiger wäre es fre umgekehrt zu ſagen; denn offenbar richtet ſich die teilung nach der Nervatur. Das Blatt hat entweder

Fig. 17.
Blatt von Cyclanthera pedata.

Fig. 18.
Blatt von Rosacea st Stengel, n Nebenb

(Schneebeere Fig. 9) oder mehrere Hauptſtränge blume Fig. 13). Durchzieht ein Hauptſtrang das und zweigen ſich von ihm die Seitenſtränge ab, *das Blatt fiedernervig* (Fig. 9—15); ſonder *dagegen die* Seitenſtränge ſogleich an der Sprei

vom Hauptstrang ab, so daß sie von vornherein ziemlich gesondert bleiben, so ist das Blatt strahlen- oder handnervig (Fig. 16 und 17). Für den ersten Fall bietet das Blatt des Schneeballs, für den zweiten der Ahorn ein deutliches Beispiel. Bei beiden Typen sind wieder nach dem Verlauf der Seitenstränge vier Formen bemerkenswert: gehen diese Stränge am Blattrand in ein Netz feiner Adern über, so nennt man die Nervatur netzläufig (Schneebeere Fig. 9); enden sie dagegen in den Zähnen oder Einschnitten des Randes, so ist sie randläufig (Wein Fig. 15); wenden sie sich in einem Bogen zur Spitze hin, bogenläufig (Schneeball Fig. 10); legen sie sich an die folgende Ader an, so daß eine Schlinge entsteht, schlingenläufig (Kirsche, Melde Fig. 11).

Mehrere Hauptstränge finden sich besonders im Blatt der Monokotyledonen, wie z. B. der Gräser, Lilien und Maiblumen (Fig. 11), aber auch bei manchen Dikotyledonen, wie beim Wegerich. Nach dem Verlauf der Adern unterscheidet man leichtverständlich spitz-, krumm- und parallelläufige Nervatur.

Eine Untersuchung und Darstellung der Nervatur gehört zu jenen Gebieten, die sich für den Laien besonders eignen und ihm viel Befriedigung gewähren; abgesehen von dem einfachen Pressen der Blätter sei die Darstellung des Adernetzes in schwach mazerierten Blättern (man läßt sie ein wenig in Wasser liegen und trocknet sie dann ab) durch Ausklopfen mittelst einer Bürste, die photographische Darstellung und der Naturselbstdruck erwähnt. Bei der photographischen Darstellung legt man das Blatt auf das bekannte lichtempfindliche Papier, spannt beide in einen Kopierrahmen und setzt denselben der Sonne aus, bis das Bild des Blattes etwas dunkler als gewünscht hervortritt; sodann

wird das Papier in einem sogenannten Tonfixierbad fixi und getont, endlich ausgewaschen und getrocknet. Das Nat druckverfahren besteht darin, daß man das Blatt mit sei Unterseite auf fein verriebene Oelfarbe legt und dann c Klischee auf weißem Papier zum Drucken benutzt.

Die Bedeutung der Nervatur für die wissenschaftli Botanik leuchtet vor allem ein, wenn man bedenkt, daß d Verteilung der Gefäßbündel im Blatt eine ganz auffallen Beständigkeit zeigt, so daß man also aus den Abdrücken d Blätter aus früheren Zeitaltern der Erdgeschichte auf d systematische Stellung der betreffenden Pflanzen schließen kan

### c. Die Blattstellung.

Einer besonderen Aufmerksamkeit bedarf noch die Ste lung der Blätter an der Sproßachse. Auch sie ist gesc mäßig. Sie ist entweder eine spiralige oder eine bilaterc (zweiseitige). Im ersten Fall erhalten wir, wenn wir d Ansatzstellen der Blätter verbinden, eine um die Achse fo laufende Spirallinie, im zweiten Fall stehen die Blätter d Art, daß man an der Achse eine Rücken- und Bauchsei unterscheiden kann. Diese beiden Formen finden wir übrige auch sonst im Aufbau der lebenden Wesen. Die Blüte d Seerose ist spiralig gebaut, jedes Blatt ist bilateral; de es hat eine Rücken- und Bauchseite (Ober- und Unterseite), so eine rechte und linke Seite. Bilaterale Anordnung der Blätt an der Achse tritt besonders an Pflanzen auf, die mit ihrer Ach auf der Unterlage hinkriechen (z. B. Flechten). Die spirali Anordnung der Blätter hat zur Aufstellung eines mehr od weniger feststehenden Gesetzes geführt (Schimper und Braun *Die seitliche Entfernung* zweier aufeinander folgenden Blätt *(d. h. eigentlich ihre* Horizontalprojektion), die sogenan

Divergenz, ist ein Bruchteil des Umfangs der Achse, und zwar ihrem Wert nach konstant; daher stehen die Blätter am Stengel in Reihen übereinander (in sogenannten Orthostichen). Auch ist die Zahl der zwischen zwei in derselben Höhe aufeinander folgenden Blättern stehenden Blätter eine bestimmte. Man bestreitet jedoch heute die absolute Geltung derartiger Gesetze. Mag dem sein, wie ihm wolle, jedenfalls hat auch die Blattstellung wieder ihre ganz bestimmten Zwecke. Durch die gesetzmäßige Anordnung der Blätter wird bewirkt, daß keines dem anderen im Wege steht, daß vielmehr jedes sein Bedürfnis nach Luft und Licht befriedigen kann. Beobachtet man die Blattanordnung an einem Baum oder Strauch, so merkt man, daß sich thatsächlich die Blätter nicht gegenseitig hindern, daß sich auf alle Teile der Pflanze das Licht gleichmäßig verteilt; das ist die wohlthätige Wirkung der gesetzmäßigen Blattstellung.

### d. Die Metamorphosenstufen des Blattes.

Wenn wir die Reihenfolge der Blattbildungen überblicken, welche sich sowohl im Leben der einzelnen Pflanze, als auch an der fertigen Pflanze von unten nach oben betrachtet vorfinden, so sehen wir eine Stufenfolge von Blattbildungen, nämlich:

1. Keimblätter.
2. Niederblätter.
3. Laubblätter.
4. Hochblätter.
5. Blütenblätter.

Wir haben schon gesehen, daß sich an den jungen Keimpflänzchen einige Blätter befinden, die man Keimlappen oder Kotyledonen nennt. Entweder finden sie sich in der

Einzahl (Monokotyledonen) oder in der Zweizahl (Dikoty
donen), selten in noch größerer Zahl (Nadelhölzer). S
sind entweder dick und fleischig (Bohne) oder dünn, blattart
(Buche). Entweder bleiben sie, wenn der Keimling sei
Hülle verläßt und aus der Erde hervortritt, in der Er
zurück (Erbse), oder sie erheben sich auch über dieselbe emp
(Bohne). Sie haben gewöhnlich eine vom Laubblatt a
weichende Form (z. B. fehlt fast stets der Stiel), können s
ihm aber auch nähern. Ihre Bedeutung ist eine ebenso ei
fache wie große.

Das zarte Keimpflänzchen ist gleich dem jungen Voc
(Nesthocker) ein gar hilfloses Wesen; es besitzt noch keine grün
Blätter und ist daher nicht imstande, sich selbst zu ernähre
Da giebt ihm nun die Mutterpflanze etwas mit, was ihm
der ersten Zeit als Nahrung dienen kann, bis seine klein
Laubblättchen hinreichend erstarkt sind, um sich selbständig
ernähren. Das sind die dicken fleischigen Samenlappen, i
in ihrem Zellengewebe reichlich Stärkemehl enthalten, v
dem die junge Pflanze zehren kann; daher sind derarti
Samen, wie Bohne und Erbse, auch für den Mensch
wichtige Nahrungsmittel. Sind die Samenlappen mehr bla
artig, so gehen sie aus der Erde hervor, ergrünen und arbeit
nun schon, bis die eigentlichen Laubblätter an ihre Ste
treten (Buche). Bei anderen Pflanzen besteht im Samen e
besonderes Nährgewebe (Sameneiweiß). Die Rolle der Same
lappen ist dann oft eine ganz veränderte, indem sie als Orga
dienen, mit denen das Stärkemehl u. s. w. aufgesaugt wi
(Gräser und Palmen).

Die Niederblätter sind entweder Blattgebilde, wel
*an unterirdischen* Sproßachsen sitzen (von ihnen wird wei
*unten die Rede sein*), oder sie leiten oberirdisch einen ne

Sproß ein, d. h. sie dienen der Knospe als Schutz und haben dann die Form einfacher Schuppen. Nichtsdestoweniger ist ihr grundsätzlicher Zusammenhang mit den gewöhnlichen Laubblättern ein ganz deutlicher, wie man aus der Entwicklungsgeschichte erkennt. Die Blattanlage, das sogenannte Primordialblatt, besteht nämlich aus Blattgrund und Oberblatt; aus jenem entstehen die Blattgrund-(Nebenblatt)Bildungen, aus diesem die Blattspreite und, wenn vorhanden, der Blattstiel. Die Anlage der Niederblätter ist nun der des Laubblattes ganz gleich; die spätere Verschiedenheit beruht nur darauf, daß das Oberblatt sich nicht weiter entwickelt und nur der Blattgrund sich ausbildet, was dann aber auch nicht über die Bildung schuppenartiger Blätter hinausgeht. Die Niederblätter sind daher nichts anderes als in ihrer Entwicklung gehemmte Blätter typischer Art. Daß dies thatsächlich der Fall ist, geht daraus hervor, daß man oft an der Spitze der ausgebildeten Niederblätter kleine reduzierte Blattspreiten findet.

Die Laubblätter sind oben schon gekennzeichnet. Hier sei nur noch hinzugefügt, daß die Ausbildung derselben an der Pflanze von unten nach oben eine verschiedenartige sein kann. Nicht immer haben die ersten Blätter nach den Keimblättern die für jede Pflanzenart kennzeichnende Form, was sich besonders bei Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern zeigt. Dieselben sind dann gewöhnlich zuerst einfach und erreichen erst allmählich jene typische Gestalt. Es ist dies der einfachste Fall der sogenannten Heterophyllie (Wechsel der Blattform). Der Fieberbaum (Eucalyptus) trägt in seiner ersten Lebensperiode an vierkantigen Zweigen sich gegenüberstehende ovale Blätter, welche sich senkrecht zu den Sonnenstrahlen stellen; in einer späteren Lebensperiode besitzt er

dagegen rundliche Zweige, an denen sichelförmige Blätter ei
zeln und senkrecht stehen. — Besonders Wasserpflanzen zeig
Heterophyllie. So besitzt z. B. der Wasserhahnenfuß unte
getauchte Blätter, die fein zerteilt sind und Schwimmblätte
die mit ihrer wenig gelappten Blattfläche auf der Oberfläc
des Wassers liegen.

Die Laubblätter nehmen oft nach obenhin nach Grö
und sonstiger Ausbildung ab und gehen in die Hochblätte
über. Es sind dies den Niederblättern ähnliche Blattbildunge
welche gleich diesen in der Entwicklung gehemmt sind. S
finden sich als kleine, unscheinbare, schuppenförmige Blätt
in der Blütenregion (Fig. 29) und ihr Zweck ist dann schw
einzusehen. Oft dagegen zeigen sie auch eine eigenartige Au
bildung, sind groß und bunt gefärbt und unterstützen die Arb
der Blüte.

Den Gipfel des Sprosses und den Abschluß der Bla
bildungen stellt die Blüte dar; dieselbe ist eine Vereinigu
von Blattorganen, welche ihrer ganz besonderen Bedeutu
halber besonders behandelt werden müssen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Blattgest
von unten nach oben eine Aenderung erfährt, was man u
dem Ausdruck Metamorphose bezeichnet hat (Goeth
Das Wort ist hier natürlich in anderem Sinne als bei d
Tieren, z. B. den Amphibien oder den Insekten, zu verstehe
denn es ist hier nicht wie dort ein und dasselbe Gebilt
welches eine Umwandlung erfährt.

### 6. Die Verschiedenheit der Sproßformen.

Der Charakter des Sprosses hängt wesentlich von d
*Blattgestalt* ab. Daher wollen wir die verschiedenen Spro
*formen jetzt besprechen*, nachdem wir Achse und Anhangsgebil
*kennen gelernt haben.*

### a) Normale Sproßformen.

Der normale Sproß hat einen Geotropismus, welcher dem der Wurzel entgegengesetzt ist, d. h. er wächst nicht senkrecht in die Erde, sondern senkrecht aus ihr heraus. Dieses Streben, welches wiederum den Zweck hat, die Blätter und Blüten dem Licht und der Luft entgegenzutragen, wird unterstützt durch den mechanisch wirksamen Bau der Achse. Allein derselbe ist nicht immer derart, daß er zur Aufrechterhaltung des Sprosses genügt. In diesem Fall muß der Sproß entweder andere Stützen suchen, wie wir das noch erörtern werden, oder er verzichtet auf die senkrechte Erhebung in die Luft. Das kommt natürlich auch wieder auf die Beschaffenheit der Umgebung an; denn wenn die Pflanze in dem dichten Gewirr der Heckenflora oder im Waldgestrüpp auf die senkrechte Stellung verzichten wollte, so wäre dies gleich bedeutend mit Untergang und Tod, weil ihr dann andre Pflanzen Licht und Luft entziehen würden, sodaß für sie nicht genug übrig bliebe. Ist dagegen die Umgebung frei von höher gewachsenen Pflanzen, sodaß Licht und Luft ungehinderten Zutritt haben, so hat die Pflanze gar nicht das Bedürfnis aufrecht zu stehen; daher sehen wir denn auch auf freien Sandplätzen, auf Wegen und an anderen Orten eine Menge kleiner Pflänzchen gedeihen, welche sich dem Boden eng anschmiegen und sich dabei offenbar ganz wohl fühlen. Es ist bemerkenswert, daß dieselbe Pflanzenart ihr Verhalten demgemäß ändern kann, wofür wir unten ein Beispiel kennen lernen werden.

Derartige kriechende Sprosse können aber noch eine besondere Bedeutung erlangen. Es giebt nämlich Pflanzen, welche von ihrem Hauptkörper aus seitlich Sprosse mit langen dünnen Achsen treiben. Dieselben kriechen weit über den *Boden hin* und unterscheiden sich von dem Hauptsproß zunächst

auch dadurch, daß sie nur kleine, schuppenförmige Blättchen, d. h. also Niederblätter, tragen; allein bald entwickelt sich aus der vorgeschobenen Endknospe eine junge Pflanze mit normalen Blättern, sie treibt Wurzeln und wird endlich selbständig. Man nennt derartige Sproße Ausläufer (Gundelrebe)

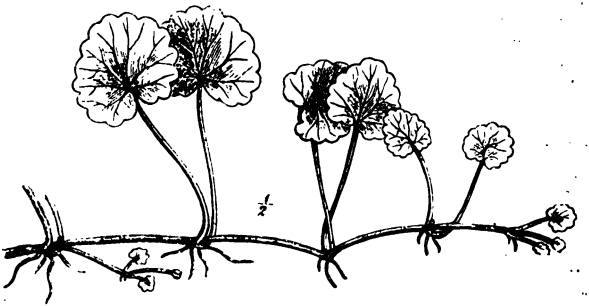


Fig. 19.
Glechoma hederacea, Gundelrebe, Ausläufer, der sich an den Knoten bewurzelt; 1/2.

(Fig. 19), und man sieht ein, daß diese der Vermehrung dienen, weshalb sie zu den „Vermehrungssprossen" gehören. Es ist dabei aber besonders bemerkenswert, daß die junge Pflanze durch die dünne, lange Sproßachse von der Mutterpflanze weit fortgeschoben wird, so daß sie in ein neues Erdreich kommt, wo sie sich miteinander gegenseitig nicht hindert. Die Pflanze besitzt dergestalt gewissermaßen ein Wanderungsvermögen, das für sie sehr vorteilhaft sein muß. Man beobachtet dieses Verhalten vielfach bei Pflanzen, die ihre Samen nicht recht zur Reife bringen, sowie bei Hecken-, Schutt- und Mauerpflanzen. Letztere suchen durch Vorstrecken der Ausläufer für ihre Tochterpflanzen über die Steine hin in dem zwischen *denselben angehäuften* Erdreich geeigneten Platz zur Weiter*entwicklung*. *Als* Beispiele für derartige Pflanzen seien ge-

nannt: kriechendes Fingerkraut und Habichtskraut, Erdbeere, auch kriechender Günsel u. a. m. Aehnliche, aber unterirdisch fortwandernde Vermehrungssprosse besitzen ebenfalls viele Pflanzen, z. B. Gräser, Riedgräser und Schachtelhalme.

Eine besonders wichtige Sproßform ist der Wurzelstock oder das Rhizom (Maiglöckchen). Man versteht darunter einen Sproß, der ebenfalls seinen Geotropismus eingebüßt hat, überhaupt nicht mehr Licht und Luft aufsucht, sondern wagerecht unter der Erde hinkriecht. Der Wurzelstock gehört zu den Ueberwinterungsorganen derjenigen Pflanzen, welche ihre oberirdischen Teile im Herbst abwerfen. Er ist grau, weiß oder braun und besitzt bleich gefärbte Niederblätter. Will er im Frühjahr die Pflanze erneuern, so muß er selbstredend auch Knospen besitzen, da von diesen die Vermehrung stets ausgeht, und da der junge, aus der Knospe sich entwickelnde Sproß zunächst zur eignen selbständigen Ernährung nicht befähigt ist, so muß das Rhizom auch Reservestoffe enthalten, durch welche es die jungen Triebe ernährt. Indem das Rhizom an seinem Ende weiterwächst und hier neue Triebe bildet, bringt es diese, ebenso wie der Ausläufer seine Knospe, in immer neue Gebiete des mütterlichen Erdbodens, so daß die Pflanze auch stets eine genügende Menge von Nährsalzen vorfindet.

### b. Metamorphosierte Sproßformen.

Bei vielen Sprossen ist eine derartige Veränderung in Bau und Zweck eingetreten, daß wir sie zu den metamorphosierten rechnen müssen.

Zu den Ueberwinterungsorganen der Stauden gehören noch zwei andere Sproßformen, nämlich Knolle und Zwiebel. Beide müssen drei bestimmte Eigenschaften haben: sie müssen

so gebaut sein, daß sie die Frostzeit überdauern können, sie müssen ferner Knospen zur Erneuerung der Pflanze besitzen und endlich Reservestoffe zu deren Ernährung. Was den ersten Punkt anbelangt, so sind diese Organe allerdings manchmal gerade recht empfindlich gegen Frost; dafür liegen sie ja aber in der Erde und werden durch diese und den darüber gelagerten wohlthätigen Schnee geschützt. Die Reservestoffe bestehen vor allem in Stärkemehl, das sich in einem ausgedehnten parenchymatischen Zellgewebe vorfindet, welches auf Kosten des Stranggewebes entstanden ist. Auch an Wasser sind diese Organe reich.

Sind die beiden Sproßformen Zwiebel und Knolle demnach biologisch ganz gleichwertig, so liegt ihre Verschiedenheit in der morphologischen Ausbildung. Bei der Knolle ist nämlich die Achse sehr stark ausgebildet, während die Blätter reduziert sind, und bei der Zwiebel ist umgekehrt die Achse reduziert, während die Blätter stark ausgebildet sind. Als typische, allbekannte Knolle sei die der Kartoffel angeführt. Sie stellt unregelmäßige rundliche Massen dar, welche aus einem weißen Fleisch, dem stärke- und wasserhaltigen Parenchymgewebe, und einer braunen Rinde bestehen. Die Kartoffelknolle zeigt kleine grubige Vertiefungen, über denselben kleine Schuppen und in ihnen kleine Knospen, die man Augen nennt. Die Schuppen sind die Blätter; sie, sowie die Knospen sind ein Beweis für die Sproßnatur der Knolle. — Als Beispiel einer Zwiebel gedenken wir der Küchenzwiebel. Dieselbe besteht aus einer verbreiterten, aber sehr gekürzten Achse, dem sogenannten Zwiebelkuchen, an dem sich die Blätter in großer Zahl und nach innen zu stark verdickt finden. Die äußeren *sind mehr* haut- und schalenförmig und man hat sie geradeso *wie die Schuppen* der Knolle als Niederblätter zu betrachten.

Eine Erscheinung, welche auf eine ganz besondere Art der Sproßmetamorphose führt, ist die sogenannte Sukkulenz. Wenn Pflanzen in Gegenden leben, welche fortwährend oder zeitweilig sehr trocken sind, so müssen sie Vorrichtungen besitzen, welche sie vor dem Vertrocknen schützen. Die Gefahr des Vertrocknens liegt nun nicht nur im Mangel an Wasser, sondern auch in einer zu starken Wasserabgabe. Gegen den Mangel an Wasser schützt sich die Pflanze durch Herrichtung von Wasserspeichern, welche aus einem bedeutenden, großzelligen Parenchymgewebe (Wassergewebe) bestehen. Es hat dies nämlich eine starke Verdickung der betreffenden Organe zur Folge und das ist es, was man mit Sukkulenz bezeichnet. Die Organe der Wasserabgabe sind die Blätter. Wollen sich die Pflanzen vor dem Vertrocknen schützen, so müssen sie also ihre Blattbildung reduzieren, d. h. die Oberfläche ihrer Blätter verkleinern oder wenigstens ihre Blätter mit wenig Spaltöffnungen versehen. Es giebt auch viele Pflanzen, welche ihre Blätter reduzieren, ohne für Wasserspeicher zu sorgen, so z. B. der Spargel, bei dem die Blätter kleine Schuppen sind, während die nadelartigen Organe Zweiglein darstellen (Fig. 20).

Fig. 20. Asparagus officinalis, Spargel. Zweigstück. b Blätter (schuppig), z Zweige in den Blattachseln, natürliche Größe.

Die Wasserspeicher sind entweder Achsenteile oder Blätter. Darnach erhalten diese sukkulenten (verdickten) Sprosse ein ganz verschiedenes Aussehen; entweder ist die Achse stark verdickt, dann sind die *Blätter* verkümmert, was schließlich zum

völligen Verschwinden führen kann; oder die Blätter sind st verdickt, dann ist die Achse gewöhnlich verkümmert.

Zu dem ersten Typus von Sukkulenz gehören die sond baren Gesellen der amerikanischen Wüsten- und Steppenfl aus der Familie der Kakteen (Fig. 21); sie finden sow wegen ihrer eigenartigen Gestalt, als auch wegen ihrer prä tigen Blüten heute so manchen Liebhaber.

Die Ausbildung der Sproßachse bei den Kakteen ist e

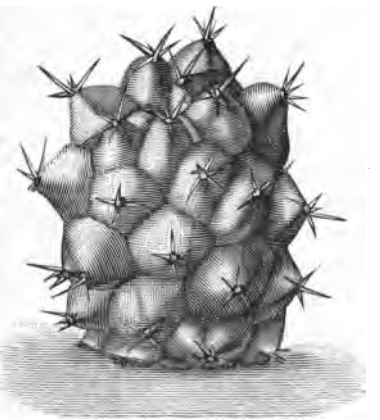


Fig. 21.
Mammilaria centricirrha, Kakteensproß mit verdickter Achse und reduzierten Blättern; natürliche Größe.

außerordentlich m nigfaltige: hier stel sie hohe Säulen u Kandelaber dar, d dicke tonnenartige G bilde, hier platte, gelige, dort mit vie Warzen überſät Massen. Dabei s sie sehr oft mit S cheln wie umhüllt, oft eine beträchtli Größe erreichen u dem Beschauer ansehnliche Wehr e gegen starren. T sind sie auch thatsä lich und die Pflanze hat sie sehr nötig; denn da sie in Wüs und Steppen wächst und in ihrem Gewebe eine reiche Qu von Wasser birgt, so wäre sie oft den Angriffen durſti Tiere aus ihrer Umgebung ausgesetzt, wenn diese nicht *Stacheln* scheuten. Bemerkt sei noch, daß diese verdick *Sproßachsen fast immer* grün sind und daher in beſchrä

Maße die Ernährungsthätigkeit der geschwundenen Blätter übernehmen.

Dies führt uns auf eine weitere Form der Sproßmetamorphose. Sind die Blätter reduziert, so kann die Pflanze damit oft des Guten doch zu viel gethan haben, indem sie sich nun nicht genügend ernähren kann. Es wird ihr dann auf die sonderbare Weise geholfen, daß die Sproßachse selbst nicht nur Thätigkeit, sondern auch Form des Blattes annimmt. So finden wir bei manchen Kakteen z. B. dem Feigenkaktus auseinander hervorwachsende blattartige Sprosse, welche man also nicht etwa als Blätter anzusehen hat, wie gewöhnlich geschieht.

Man nennt derartige blattartige Sprosse Kladodien. Pflanzen mit solchen finden sich auch in unseren Breiten auf sandigen, trockenen Standorten. So giebt es z. B. Ginsterarten, bei denen die Blätter zurückgehen und der Stengel eine blattartige Verbreiterung erfährt. Dahin gehört auch die kleine Wasserlinse, die weite Flächen unserer stehenden Gewässer mit ihrem hoffnungsvollen Grün bedeckt. Ihr ganzer Sproß besteht aus einem blattähnlichen Gebilde und wird auch gewöhnlich als Blatt angesehen, ist es aber durchaus nicht; es sind vielmehr einzelne oder auseinander vorsprossende Kladodien.

Bei der zweiten Form der Sukkulenz sind die Blätter stärker ausgebildet und zu Wasserspeichern geworden. Wir haben bei uns auch einige wenige Formen dieser Art aus der Familie der Krassulaceen oder Dickblätter: die Fettehenne, den Mauerpfeffer und Hauslauch. Hierbei ist gewöhnlich die Sproßachse nicht verkürzt wie bei den Agaven Amerikas, welche in der wehrhaften Ausbildung von Spitze und Rand des Blattes für dieses einen guten Schutz besitzen.

Dem Schutz der Pflanze dienen oft ganz besond metamorphosierte Sprosse, die sogenannten Dornen. diesen ist die Blattbildung ebenfalls unterdrückt, so daß n höchstens noch ganz kleine Blättchen an ihnen sieht, die Spr spitze stellt ihr Wachstum bald ein und das Gewebe ganzen Gebildes verhärtet sich durch Verholzung; so ist z. B. bei unserm Weißdorn (Fig. 22) und bei der Schle Allein nicht immer sind die Dornen eines derartigen Ursprungs. Bei der Traganthpflanze sind es die Stiele abfallender Blätter, die sich zu Dornen entwickeln, und vielfach sind es sogar ganze Blätter oder Nebenblätter, welche in Dornen umgewandelt werden (Berberitze).

Fig. 22. Crataegus oxy cantha, Weißdo Dorn aus einem Zi entstanden; natürlic Größe.

Die als Stacheln zu bezeichnenden Schutzorgane der Pflanze sind hingegen keine Sprosse, sondern Anhangsgebilde, die sowohl an der Achse, als auch am Blatt sitzen können und, ohne Zusammenhang mit den inneren Geweben, der Oberhaut als ihr angehörige Bildungen nur aufsitzen, sich von ihr daher auch gewöhnlich leicht ablö lassen. Die Schutzorgane der Rose sind nach dem Gesag botanisch nicht, wie das Sprichwort sagt, Dornen, sond Stacheln.

Endlich müssen wir noch einer Gruppe metamorphosier Sprosse gedenken, das sind die Kletterſprosse. Wir hal schon gesehen, daß die Sproßachsen nicht immer fähig si sich selbständig aufrecht zu halten. Wenn derartige Pflanz *sagten wir, auf freien* Standorten wachsen, so legen sie *einfach der Unterlage* an und haben dann doch Licht und

genug. Etwas anderes ist es dagegen, wenn sie in dem dichten Gewirr der Hecke, des Waldes, ja des Feldes leben; denn dann entspinnt sich ganz naturgemäß ein Kampf um Licht und Luft. Man kann dieses verschiedene Verhalten einer und derselben Pflanzen z. B. sehr gut in und an einem jeden Kornfeld beobachten. Zur Flora desselben gehört als ein fast ständiger Gast die Ackerwinde, ein kleines, schwachgebautes Pflänzchen. Auf dem Weg und am Rande des Kornfeldes findet es Licht, Luft und Platz genug; daher liegen seine Sprosse hier der Erde einfach an, auf ihr hinkriechend. Beobachten wir dagegen die zwischen dem Korn wachsenden Exemplare, so sehen wir, daß dieselben hier die benachbarten Halme als Stütze benutzen, um sich dem Licht entgegen zu schwingen.

Die Stütze, welche sich die Kletterpflanzen suchen, kann eine tote oder lebendige sein; sie benutzen aufrecht stehende Pfähle, Stengel benachbarter Pflanzen, Baumstämme, Mauern und Felswände und was der freundliche Mensch ihnen hinsetzt. Das Verhältnis zwischen den als Stütze dienenden Pflanzen und den Kletterpflanzen ist dann fast immer ein ganz harmloses, wie wohl es oft nicht ausgeschlossen ist, daß die große Masse des Mieters sozusagen den Wirt erwürgt.

Die Organe, mit denen die Pflanze klettert, können sehr mannigfach sein. Oft ist es die Achse selbst, welche die Fähigkeit hat, sich um eine Stütze zu schlingen. Die fortwachsende Spitze derartiger „Schlingpflanzen“ hat das Bestreben, sich schraubenartig zu krümmen; sie sucht dabei gewissermaßen eine Stütze und legt sich, falls sie eine solche gefunden hat, um sie herum, und zwar ganz gesetzmäßig, *entweder* (meistens) nach links oder nach rechts. Findet sich

keine Stütze, so macht die Spitze oft freie Windungen; auf die Dauer wird sie aber dabei in ihrer kräftigen Entwicklung gehemmt, da sie eben unbedingt der Stütze bedarf. Die Bohne windet links, der Hopfen rechts.

In anderen Fällen besitzt die Sproßachse Luftwurzeln, mit welchen sie sich an der mehr oder weniger rauhen Unterlage anheftet (z. B. Epheu an Baumstämmen, Mauern und Felswänden). Auch sind es manchmal Haare, Haken und Stacheln der Oberhaut, deren sich die schwachen Sproßachsen bedienen, um sich an anderen Pflanzen festzuhalten (kletterndes Labkraut, Glaskraut Fig. 23).

Fig. 23.
Parietaria diffusa, Glaskraut. Stück eines Zweiges, der sich mit Haaren am Mauerwerk festhält.

Weniger einfach ist es hingegen, wenn der Sproß oder seine Teile zu besonderen Organen metamorphosiert ist, wie bei den sogenannten Rankenpflanzen. Im gewöhnlichen Leben nennt man fälschlich oft die Ausläufer, z. B. der Erdbeere, Ranken. In der Botanik versteht man unter Ranken dünne, fadenförmige Organe, welche gleich dem windenden Stengel die Fähigkeit haben, sich um eine Stütze herum zu *legen. Zuweilen* sind es ganze Seitensprosse, welche sich zu *dünnen Ranken ausbilden*, die oft gleichfalls verzweigt sind

(Wein, Kürbispflanzen z. B. Zaunrübe Fig. 24). Die Enden sind dann entweder windend oder zu Saugwarzen umgebildet. In anderen Fällen übernimmt der Blattstiel die Aufgabe, den Sproß an einer Stütze anzuheften (Kapuzinerkresse), oder es kann auch das Blatt oder ein Teil von ihm (z. B. das Nebenblatt) zu einer Ranke umgebildet sein. Das findet sich besonders bei zusammengesetzten Blättern; es teilt sich dann die Arbeit derart, daß einige Teilblättchen die Ernährung besorgen, andere dagegen, nämlich die äußersten am Blatt, die Befestigung der Pflanze übernehmen (Erbse).

Die Blätter können ferner die Arbeit der Wurzeln leisten, wie es bei manchen Wasserpflanzen vorkommt, welche keine echte Wurzel besitzen. So findet z. B. bei dem Wasserfarn Salvinia (zu den Wurzelfrüchtlern gehörig) eine bemerkenswerte Arbeitsteilung statt, indem ein Teil der Blätter Ernährungs- und die anderen Schwimmorgane werden. Die Schwimmorgane entstehen, indem die Blätter, was auch sonst zuweilen vorkommt, ein Gewebe ausbilden, das Luftkammern enthält und deshalb spezifisch leichter als Wasser ist; der andere Teil der Blätter ist zu fein zerschlitzten, im Wasser untergetauchten Wurzelorganen geworden.

Ein ganz besonders anziehendes Gebiet der Blattmetamorphose bilden die sog. „insektenfressenden Pflanzen", bei welchen die Blätter zu Fangapparaten umgebildet sind. Das einfachste Beispiel bietet der auch bei uns einheimische, auf Moor- und Sumpfboden wachsende Sonnentau (Drosera). Er hat gestielte, rundliche Blätter, welche mit langknopfigen Drüsenhaaren besetzt sind, die am Ende eine klebrige Absonderung tragen (Fig. 25a). Wenn ein lebender Körper, z. B. ein kleines Insekt, auf das Blatt gelangt, *so beginnt* eine stärkere Ausscheidung der Drüsenflüssigkeit,

gleichzeitig legen sich die Haare über das Insekt hin, halten es fest und ersticken es, indem die klebrige Flüssigkeit die Aus-

Fig. 24.
Bryonia dioica, Zaunrübe. Sproß mit Ranken, 1/2.

gänge der Tracheeen verstopft. Es ist bemerkenswert, daß unorganische Körperchen, wie Sand und dergleichen, wohl eine Steigerung der Drüsenabsonderung, jedoch keine Bewegung der Haare bewirken. Das gemordete Tier wird nun von dem Pflanzenblatt geradezu verdaut, alles Brauchbare wird aufgelöst, und es bleibt nichts übrig als die unverdaulichen Teile des Chitinpanzers, die schließlich abfallen. Uebrigens ist hier wie auch bei den anderen insektenfressenden Pflanzen die Tierverdauung nur ein die normale Ernährung unterstützender Vorgang, da diese auch daneben stattfindet.

Bei dem auf sandigen Standorten mancher Mittelmeergegenden (Marokko, Portugal) lebenden Taublatt (*Drosophyllum*) ist das fadenförmige lineale Blatt ringsum mit klebrigen Drüsenhaaren besetzt, an welchen kleine Insekten

hängen bleiben, wie an den als Fliegenfallen aufgestellten Leimruten. — Die Vennsfliegenfalle (Dionaea) (Fig. 25 b) Nordamerikas besitzt umgewandelte Blattstiele, welche an Stelle des Blattes die regelrechte Ernährung besorgen, und eine in der Mittellinie zusammenklappbare Spreite, die am Rande Wimpern und auf der Fläche rote Drüsenhaare trägt. Bei Berührung klappt die Spreite zusammen, die Wimpern schließen sich und das berührende Tierchen ist dem Tode geweiht.

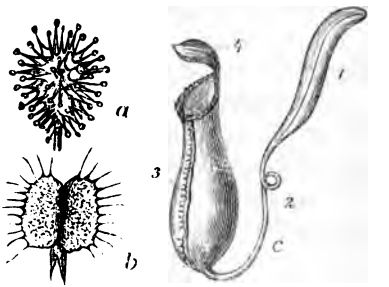



Fig. 25.
Blätter von insektenfressenden Pflanzen. a Drosera, natürliche Größe; b Dionaea, verkleinert; c Nepenthes; 1 spreitenartiger Blattstiel, 2 Ranke, 3 Kanne, 4 Deckel; verkleinert.

Eine zweite Gruppe von Tierfängern besitzt Blätter mit Höhlungen, in denen sich die Tiere fangen. Bei dem wurzellosen Wasserschlauch (Utricularia), der auch in unseren Gewässern vorkommt, sind die Blätter retortenartig aufgeblasen; an dem Eingang in die Höhlung befindet sich eine elastische Klappe, die wie ein Ventil nur einem von außen kommenden Druck nachgiebt; diese Oeffnung ist ferner von Borsten umgeben, sodaß das Ganze an jene kleinen Krebse, Daphnien, erinnert, welche in unseren Tümpeln und Teichen hausen. Auf der Innenwand des Gebildes finden sich Saugzellen. Wenn kleine Tiere in das Fangblatt eingedrungen sind, so kommen sie lebend nicht aus dem Gefängnis heraus, sie ersticken oder verhungern und ihre Reste werden, wenn sie

verweſen, aufgeſogen, was aber übrigens keineswegs mit voller Beſtimmtheit nachgewieſen iſt.

Eine beſondere Berückſichtigung und Teilnahme verdienen die Kannenpflanzen, Arten der Gattungen Sarracenia und Nepenthes. Sarracenia iſt eine Sumpfpflanze Nordoſtamerikas. Ihre Blätter bilden ſonderbare ſchlauchförmige Gebilde, welche der Erde aufliegen und bogig nach oben ſteigen; an der Mündung findet ſich ein muſchelförmiger Spreitenteil. Der Schlauch beſitzt eine Leiſte, die Spreite zeigt Honigabſonderung, die Innenwand des Schlauches iſt glatt. Die Spreitenmuſchel fängt das Regenwaſſer auf, das ſich in dem Schlauch in großer Menge anſammelt. Kleine Gliedertiere laſſen ſich nun in großer Zahl verlocken, auf jener Leiſte zu den Honigdrüſen emporzuſteigen; dort angelangt fallen ſie aber hinunter und ſind unrettbar verloren; denn an dem nach oben verengten Schlauch kommen ſie nicht wieder herauf und in dem Waſſer werden ſie bald ertrinken und verweſen; vielleicht ſcheidet der Schlauch auch eine Flüſſigkeit ab, welche dies beſchleunigt. Die Menge der in einem ſolchen Schlauch gefangenen Tiere ſoll oft eine ſehr große ſein. — Die Mordgier iſt bei einigen Arten mit faſt verwerflich zu nennender Liſt verbunden: ſo ſondern einige auch an der Schlauchleiſte Honig ab, andre beſitzen an der Spreite bunte Farben außer den Honigdrüſen und locken ſo mit allen zu Gebote ſtehenden Mitteln die unglücklichen Tiere in ein unrettbares Verderben.

Die Fangwerkzeuge der Nepenthes (Fig. 25 c) ſind denen von Sarracenia ähnlich. Dieſe Pflanzen der tropiſchen Sumpfvegetation im Urwald klettern oft lianenartig an Bäumen empor. Ihr Blatt zeigt eine lehrreiche Arbeitsteilung; denn es iſt Ernährungs-, Kletter- und Fangorgan zu gleicher Zeit: der untere Teil (Blattſtiel) iſt ſpreitenartig, dann folgt eine

Ranke (zweiter Teil des Blattstiels), ferner eine Kanne (die manche auch noch für einen Teil des Blattstiels halten) und endlich ein blattartiger Deckel (die Spreite). Auf der Kanne finden sich trügerische Wegweiser und auch hier locken bunte Farben die vertrauensseligen Tierlein heran, die zwar noch am Rand der Mördergrube mit süßem Honigseim abgespeist werden, nach dieser Henkersmahlzeit aber gemeiniglich an dem glatten Rand ausgleiten und dann als verlorene Leute in die Tiefe hinabstürzen.

### c) Reduzierte Sproßformen.

Bei den reduzierten Organen handelt es sich besonders um Schmarotzer. Das Gebiet derselben gehört zu den wenigen, auf denen man von einer durch die veränderte Lebensweise verursachten feststehenden Abänderung weitgehender Art sprechen kann. Zu verwundern ist das nicht; denn thatsächlich bedeutet doch der Eintritt in die parasitäre Lebensweise geradezu einen Umkehr der Pflanzennatur. Die Pflanze unterscheidet sich gerade dadurch vom Tier, daß sie sich selbständig durch die ihr von der unorganischen Natur dargebotenen Stoffe ernährt; wenn sie nun diese Art der Ernährungsweise verläßt, so muß sich damit ganz offenbar eine bedeutsame Organisationsverschiebung verbinden.

Die parasitäre Lebensweise zeigt die verschiedensten Stufen. Es giebt Parasiten, bei denen die altherkömmliche Mode der Pflanzen-Ernährung noch zum guten Teil beibehalten ist, die aber doch schon zum Schmarotzertum hinneigen und dann kaum eine Verkümmerung (Reduktion) der Achsen- und Blattorgane zeigen. Da derartige Parasiten ihren Wirten fast nur Wasser und etwa noch Salze entziehen, so betrifft die Reduktion nur die Wurzel. So ist es bei der oben besprochenen Mistel, so ist

es bei noch anderen Pflanzen unserer Flora (z. B. Hahnenkamm), denen man das Schmarotzerwesen nicht ansieht.

Zu einer zweiten Gruppe gehört die Flachsseide (Cuscuta), eine Pflanze, welche andere Pflanzen (Flachs, Hanf, Brennnesseln, Klee, daher auch Kleewürger oder Teufelszwirn genannt, u. s. w.) umwindet und keine Erdwurzeln besitzt. Dagegen saugt sie sich mit Luftwurzeln, die zu Saugorganen umgewandelt sind, an der Wirtpflanze fest und entwendet ihr nützliche Säfte; vor allem aber schadet sie derselben dadurch, daß sie, besonders wenn sie in großen Mengen vorkommt, dieselbe erstickt.

Bei der Flachsseide ist die Blattreduktion schon gründlich eingetreten; die Blätter sind nur noch kleine Schuppen, und die ganze Pflanze ist rötlich-gelb, nicht grün gefärbt. Noch mehr tritt das bei manchen Knabenkrautarten, ferner bei dem Fichtenspargel und der Orobanche ein, welche durch den Mangel des Blattgrüns und die dadurch erzeugte bleiche Beschaffenheit der pflanzlichen Ernährungsweise gänzlich den Rücken zugewandt und das Schmarotzerleben angenommen haben. Diese Wesen sind nun übrigens nicht immer Mord- und Raubgesellen, sondern viele von ihnen leben von dem Moder und Humus des Waldbodens, andere dagegen suchen mit ihren Wurzeln diejenigen anderer Pflanzen auf und saugen ihnen die Lebenssäfte aus.

Bei vielen Schmarotzern der Tropen ist der Körper eine mehr oder weniger unförmliche Masse, welche höchstens kleine Schuppen als Blätter und eine unregelmäßige Masse als Wurzel trägt, die auf oder in dem Körper des Wirts sitzt und im übrigen fast nichts ist als eine große Blüte. Es ist *sonderbar, daß diese Parasiten in ihren Blüten durchaus nicht reduziert sind;* einige von ihnen haben sogar die größten

Blüten, die es giebt, z. B. Rafflesia Arnoldi, deren Blüten im Knospenzustand großen Kohlköpfen gleichen, geöffnet einen Durchmesser von 1 m erreichen, aber einen höchst unangenehmen Leichengeruch verbreiten. Entdeckt wurde diese Wunderblume im Jahre 1818 auf Sumatra; sie auch anderswo nachzuweisen, ist noch nicht gelungen.

### d) Rudimentäre Sproßformen.

Die Sproßformen, die wir bisher betrachteten, sind diejenigen der höchsten Pflanzen, die man als Samenpflanzen bezeichnet. Unter den anderen, den sogenannten Sporenpflanzen (Kryptogamen), findet sich eine ganze Reihe von Sproßformen in aufsteigender Stufenleiter.

Wir können es immerhin noch als einen Sproß einfachster Form bezeichnen, wenn der ganze Pflanzenkörper von einer einfachen Zelle gebildet wird, wie bei manchen Algen und Pilzen. Hier ist eine Arbeitsteilung überhaupt noch nicht eingetreten; die Zelle ist ein und alles. Allein schon auf der Stufe des Einzellenlebens, wie man es nennen könnte, kann die Zelle doch schon ein bedeutsames Wachstum und eine verschiedene Ausbildung ihrer Enden erfahren: das untere Ende heftet sie der Unterlage an, ist also vom biologischen Gesichtspunkte aus als Wurzel zu betrachten; das obere ist grün und wächst nach oben, entspricht also dem oberirdischen Sproß höherer Pflanzen. Dieser Fall findet sich wiederum bei Algen sowohl, als auch bei Pilzen, z. B. manchen Schimmelpilzen.

Die nächste Stufe der Sproßentwicklung, der Lagersproß, ist dann der vielzellige Körper, der wieder dieselben eben erörterten Unterstufen zeigen kann: einfache Körper ohne *Arbeitsteilung* und zusammengesetztere mit mehr oder weniger

es bei noch anderen Pflanzen unserer Flora (z. B. Hahnenkamm), denen man das Schmarotzerwesen nicht ansieht.

Zu einer zweiten Gruppe gehört die Flachsseide (Cuscuta), eine Pflanze, welche andere Pflanzen (Flachs, Hanf, Brennnesseln, Klee, daher auch Kleewürger oder Teufelszwirn genannt, u. s. w.) umwindet und keine Erdwurzeln besitzt. Dagegen saugt sie sich mit Luftwurzeln, die zu Saugorganen umgewandelt sind, an der Wirtpflanze fest und entwendet ihr nützliche Säfte; vor allem aber schadet sie derselben dadurch, daß sie, besonders wenn sie in großen Mengen vorkommt, dieselbe erstickt.

Bei der Flachsseide ist die Blattreduktion schon gründlich eingetreten; die Blätter sind nur noch kleine Schuppen, und die ganze Pflanze ist rötlich-gelb, nicht grün gefärbt. Noch mehr tritt das bei manchen Knabenkrautarten, ferner bei dem Fichtenspargel und der Orobanche ein, welche durch den Mangel des Blattgrüns und die dadurch erzeugte bleiche Beschaffenheit der pflanzlichen Ernährungsweise gänzlich den Rücken zugewandt und das Schmarotzerleben angenommen haben. Diese Wesen sind nun übrigens nicht immer Mord- und Raubgesellen, sondern viele von ihnen leben von dem Moder und Humus des Waldbodens, andere dagegen suchen mit ihren Wurzeln diejenigen anderer Pflanzen auf und saugen ihnen die Lebenssäfte aus.

Bei vielen Schmarotzern der Tropen ist der Körper eine mehr oder weniger unförmliche Masse, welche höchstens kleine Schuppen als Blätter und eine unregelmäßige Masse als Wurzel trägt, die auf oder in dem Körper des Wirts sitzt und im übrigen fast nichts ist als eine große Blüte. Es ist *sonderbar, daß* diese Parasiten in ihren Blüten durchaus nicht *reduziert sind;* einige von ihnen haben sogar die größten

Blüten, die es giebt, z. B. Rafflesia Arnoldi, deren Blüten im Knospenzustand großen Kohlköpfen gleichen, geöffnet einen Durchmesser von 1 m erreichen, aber einen höchst unangenehmen Leichengeruch verbreiten. Entdeckt wurde diese Wunderblume im Jahre 1818 auf Sumatra; sie auch anderswo nachzuweisen, ist noch nicht gelungen.

### d) Rudimentäre Sproßformen.

Die Sproßformen, die wir bisher betrachteten, sind diejenigen der höchsten Pflanzen, die man als Samenpflanzen bezeichnet. Unter den anderen, den sogenannten Sporenpflanzen (Kryptogamen), findet sich eine ganze Reihe von Sproßformen in aufsteigender Stufenleiter.

Wir können es immerhin noch als einen Sproß einfachster Form bezeichnen, wenn der ganze Pflanzenkörper von einer einfachen Zelle gebildet wird, wie bei manchen Algen und Pilzen. Hier ist eine Arbeitsteilung überhaupt noch nicht eingetreten; die Zelle ist ein und alles. Allein schon auf der Stufe des Einzellenlebens, wie man es nennen könnte, kann die Zelle doch schon ein bedeutsames Wachstum und eine verschiedene Ausbildung ihrer Enden erfahren: das untere Ende heftet sie der Unterlage an, ist also vom biologischen Gesichtspunkte aus als Wurzel zu betrachten; das obere ist grün und wächst nach oben, entspricht also dem oberirdischen Sproß höherer Pflanzen. Dieser Fall findet sich wiederum bei Algen sowohl, als auch bei Pilzen, z. B. manchen Schimmelpilzen.

Die nächste Stufe der Sproßentwicklung, der Lagersproß, ist dann der vielzellige Körper, der wieder dieselben eben erörterten Unterstufen zeigen kann: einfache Körper ohne *Arbeitsteilung* und zusammengesetztere mit mehr oder weniger

weitgehender Arbeitsteilung. Hierbei zeigt der Sproß, abgesehen von dem Geschlechtsapparat, der schon von dieser Stufe an eine bedeutende Rolle spielt, nur einen geringen Fortschritt in der Ausgestaltung, der sich vor allem in der Ausgliederung der Anhangsgebilde, d. h. der Blätter, offenbart. Diese finden sich erst bei den höchsten Algen, den Characeen; den Pilzen fehlen sie als Schmarotzern selbstverständlich.

Die folgende Stufe könnte man den Moossproß nennen. Sie ist gekennzeichnet durch die Gliederung des Sprosses in Achse und Blatt. Allein zunächst neigt der Sproß dabei doch noch dazu, die Blattbildung zurückzuhalten, wie es bei den Lebermoosen oft der Fall ist. Da aber die Pflanze schon ein ausgeprägtes Bedürfnis nach pflanzlicher Ernährungsweise besitzt, so bildet sich die Achse dabei bezeichnender Weise zu einem Flachsproß, einer Cladodie, aus, an welcher die Blättchen als Schuppen auf der Unterseite sitzen. Bei den höheren Moosen zieht sich die Achse mehr stengelartig zusammen und zeigt nun Blättchen einfachster Art. Diesen kleinen Pflanzen fehlen die Gefäßbündel, womit der Mangel echter Wurzeln zusammenhängt, die hier durch Wurzelhaare vertreten werden.

Bei der nächsten Stufe, dem Farnsproß, erfahren Achse und Blatt eine bedeutende Weiterentwicklung sowohl in anatomischer als auch in morphologischer Hinsicht. Daher treffen wir denn hier auch schon auf Formen, die verschiedenen biologischen Zwecken dienen.

Noch weiter geht dann endlich die Sproßform der Samenpflanzen, auf deren Mannigfaltigkeit wir ja schon genügend *eingegangen sind.*

## 7. Haarbildungen.

Nur kurz wollen wir noch jener Gebilde gedenken, welche anatomisch eine einfache Ausgliederung der Oberhaut darstellen und die man als Haarbildungen zusammenfassen kann.

Sie können an allen Organen der Pflanze auftreten. An den Wurzeln sind sie nur in einer Art vorhanden, nämlich als Wurzelhaare, welche an den fortwachsenden Wurzelspitzen als einzellige Schläuche entstehen und aus der Erde das Wasser auffaugen.

Die Haarbildungen der Sproßachse und der Blätter dagegen sind gar mannigfach: hier sind es einfache Warzen, dort kurze oder lange Fäden; hier sind sie am Ende keulig verdickt, dort verzweigt und sternförmig; hier bilden sie einen rauhen Ueberzug der Blätter, dort einen dichten Wollfilz, der die Pflanze gegen Verdunstung und Wärmestrahlung schützt; hier sind es Spreuschuppen (Farne) dort Leimzotten welche die Knospenhülle der Bäume durch ihre Gummiabsonderung vor Tieren und Feuchtigkeit schützen (Roßkastanie); hier sind es Drüsenhaare, dort Brennhaare; hier Fanghaare, dort solche, welche der Verdauung insektenfressender Pflanzen dienen.

Zu den Haarbildungen, insofern es Gebilde der Oberhaut sind, in welche die inneren Gewebe, so vor allen die Gefäßbündel, nicht eintreten, gehören auch die Stacheln. Sie lassen sich dementsprechend leicht von dem Organ trennen, auf welchem sie sitzen, und dadurch leicht von den Dornen unterscheiden, was allerdings nicht für alle so vollständig zutrifft. Sie dienen, wie leicht erklärbar, dem Schutz der *Pflanze gegen* lebende Feinde.

## 5. Der Blütensproß.

Alle von uns betrachteten Sprosse dienen vor allem der Ernährung, und dann noch dem Nebenzweck des Schutzes, des Festhaltens, des Tierfangs: also der Erhaltung des Individuums. Dieser selbstsüchtige Zweck ist aber nicht der einzige, der das Reich der Lebewesen beherrscht. Vielmehr finden wir als zweiten Zweck, der dem pflanzlichen Individuum an sich ganz gleichgiltig sein muß, die Erhaltung der Art, die Bildung einer neuen Generation, die nach dem eigenen Untergang den Schauplatz des Lebens betreten soll: also die Fortpflanzung.

Der Pflanzenkörper bildet zu diesem Zweck ganz bestimmte Sprosse aus, die man Blüten nennt.

Der Blütensproß bildet entweder den Gipfel-Abschluß des vegetativen Sprosses und seiner Nebensprosse, oder er bildet eigene, in den Blattwinkeln aus besonderen, früh zu erkennenden Knospen entstandene Sprosse. Die Zahl der Blüten ist eine ganz verschiedene; es giebt Pflanzen, die sich mit einer einzigen Blüte begnügen, andere die mehr haben, andere die eine sehr große Menge hervorbringen, wobei die Zahl im umgekehrten Verhältnis zur Größe steht. Sehr oft dient ein ganzes Sproßsystem mit vielen Achsengenerationen dem Zweck der Fortpflanzung; man spricht dann von einem Blütenstand. Derselbe soll den vorhandenen Raum für die Blüten vergrößern, und zeigt eben daher eine oft bedeutende Verzweigung der Achsen. Wir haben die Hauptblütenstände schon oben erwähnt. Die in ihnen auftretenden Stützblätter der Achsen zeigen eine Verkleinerung und Vereinfachung der Laubblätter. Es sind die oben schon erörterten *Hochblätter* (Fig. 29).

### a. Bau der Blüte im Allgemeinen.

Der Blütensproß oder die *Blüte* zeigt eine Stufenfolge von verschiedenartig metamorphosierten Blättern, von denen man die äußeren als Blütenhülle, die innern als die eigentlichen Fortpflanzungsorgane zu betrachten hat (s. für das folgende die Fig. 27—30). Die *Blütenhülle* wird aus zwei Blattkreisen, *Kelchblättern* und *Blumenblättern* gebildet und auch die Fortpflanzungs- oder Geschlechtsblätter sind zweierlei Art, nämlich *Staubgefäße* (männlich) und *Stempel* (weiblich). Nur bei den Blütenhüllblättern ist die Blattnatur klar erkenntlich, bei den anderen Blättern der Blüte hingegen ist sie verborgen. Daß aber auch bei Staubgefäßen und Stempeln — oder, wie man sie ihrer Natur nach lieber nennen sollte, *Staubblättern* und *Fruchtblättern* — eine Metamorphose des Blattes vorliegt, zeigen sowohl die Entwicklungsgeschichte als auch sogenannte Rückschlagserscheinungen. Es kommt nämlich vor, daß die Staubgefäße sowohl wie auch die Stempel ganz oder zum Teil blattartig ausgebildet sind, z. B. in gefüllten Blüten, welche daher die Fähigkeit Samen zu erzeugen eingebüßt haben.

Dem Gesagten zufolge sind die Staub- und Fruchtblätter die wesentlichen Blütenteile; die Blütenhülle ist unwesentlich und kann daher auch fehlen. Ist sie samt allen anderen Teilen vorhanden, so nennt man die Blüte vollständig (Fig. 27), fehlt sie, so ist die *Blüte nackt*. Es kann auch vorkommen, daß nur *ein* Hüllkreis, also entweder der Kelchblatt- oder der Blumenblattkreis, vorhanden ist (Fig. 29); auch können beide gleichartig ausgebildet sein, dann nennt man die Hülle ein *Perigon*, bei Fig. 30 ist der deutlich vorhandene Kelch kronenartig und bunt. Wenn von *den wesentlichen* Blütenteilen sowohl Staub- als auch Frucht-

blätter vorhanden sind, so liegt eine zwitterige oder zweigeschlechtliche Blüte (Fig. 27) vor; ist nur eine von beiden Arten da, so ist die Blüte eingeschlechtlich, und zwar männlich, wenn sie Staubblätter, weiblich, wenn sie Fruchtblätter besitzt (Fig. 29). Fehlen endlich alle beide, so hat die Blüte ihren eigentlichen Zweck verloren und steht im Dienst anderer Blüten, wie wir dies noch erörtern werden.

Die Anordnung der Blütenteile ist eine ganz gesetzmäßige. Die Darstellung der Blütenteile in Horizontalprojektion nennt man ein Diagramm (Fig. 26); aus ihm läßt sich die Anordnung der Teile am besten erkennen. Diese Anordnung ist nun entweder eine quirlartige (cyklische) oder eine spiralige (acyklische). Letztere findet sich z. B. bei den Zapfen der Koniferen, ist aber seltener. Bei der Quirlstellung hat man auf die Zahl der Kreise (Quirle) zu achten; denn oft genug zeigen einige Arten der Blütenorgane mehrere Kreise (besonders die Staubblätter). Man spricht darnach von ein- bis mehrquirligen (cyklischen) Blüten; sodann ist die Zahl der Blätter in einem Quirl beachtenswert (zwei bis mehrzählig, dimer, trimer, tetramer, pentamer u. s. w.). Bezüglich der Stellung der aufeinander folgenden Quirle kommen zwei Fälle vor: entweder stehen die Glieder des folgenden Quirls zwischen denen des vorhergehenden, sie alternieren, oder die Glieder des folgenden Quirls stehen vor denen des vorhergehenden, sie sind dann opponiert. Einige Beispiele sind folgende: der Nachtschatten (Fig. 26 b) (Solanum) hat eine vierquirlige (tetracyklische) Blüte und jeder Quirl ist fünfzählig (pentamer), die Kreuzblüten (z. B. Kohl) sind sechsquirlig und die einzelnen Quirle sind verschiedenzählig *(2 Kelchquirle* zu je 2 Blättern, 1 viergliedriger Blumen*blattquirl, ein* zwei- und ein viergliedriger Staubblattquirl

und ein zweigliedriger Fruchtblattquirl); die Liliengewächse (z. B. Tulipa Fig. 26a) besitzen sehr ausgesprochen fünfquirlige (pentacyklische) Blüten mit je drei Gliedern (trimer).

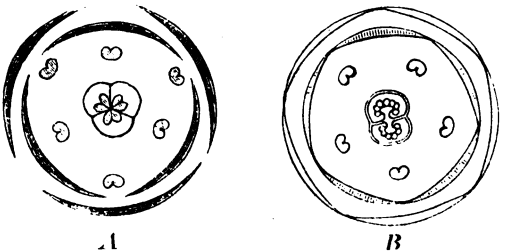



Fig. 26.
Diagramm. A Tulipa, pentacyklische trimere Blüte; B Solanum, tetracyklische pentamere Blüte.

Zu bemerken ist nun aber, daß die eben erörterten Verhältnisse nicht immer so klar wie geschildert sind. Es kann nämlich Reduktion einzelner Teile stattfinden, was man hier als Abort bezeichnet. Schwinden einzelne Teile ganz, so kann begreiflicher Weise nur die Entwicklungsgeschichte Aufklärung geben. Andererseits kann eine Spaltung oder Verdoppelung in einem Kreis eintreten; so ist z. B. der innere Staubblattkreis der Kreuzblüte durch Verdoppelung viergliedrig geworden. Endlich können benachbarte Blütenteile eines Quirls mit einander verwachsen und dadurch die gesetzmäßigen Zahlenverhältnisse stören.

Die Vermehrung der Blumenblätter in gefüllten Blüten entsteht in den wenigsten Fällen durch Einschiebung neuer Blätter. Vielmehr sind es gewöhnlich zwei andere Gründe, welche eine Füllung bewirken: Spaltung der ursprünglich einfachen Anlagen in mehrere andere oder Verwandlung der Staub- und Fruchtblätter in Blumenblätter, wobei eben ihre eigentliche Natur zu Tage tritt.

Die Deckung der Blütenteile in der Knospe nennt man Aestivation; sie ist „klappig", wenn sich die Blätter mit den Rändern berühren, „dachig", wenn dieselben übereinander greifen. Auf Einzelheiten wollen wir nicht eingehen, ebensowenig wie auf den sogenannten Anschluß der Blüte, worunter man die Art und Weise versteht, wie sich die Blattorgane der Blüte an die ihnen vorangehenden Blätter anschließen. Auch kann es uns nicht darauf ankommen, die Entwicklungsgeschichte der Blüte zu erörtern. Es genügt uns, daß der Vegetationspunkt des Blütensprosses sein Wachstum einstellt, nachdem er die Blattorgane seiner Sphäre in derselben Weise, wie es an den vegetativen Sprossen geschieht, d. h. als Zellhöcker, angelegt und ausgegliedert hat.

Zum allgemeinen Blütenbau gehört auch der Gesamteindruck, den die Blüte im Bezug auf Regelmäßigkeit macht. Man nennt die Blüte regelmäßig, wenn die Glieder aller Quirle unter sich gleichartig gebaut und um die Achse gleichmäßig strahlig angeordnet sind (Vergißmeinnicht), dagegen symmetrisch, wenn dies nicht der Fall ist, die Blüte sich aber durch einen Schnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen läßt (Mimulus Fig. 30, Erbse, Bienensang). Die Ungleichheit kann schon durch verschiedene Färbung und Stellung, vor allem aber durch Unterschied in der Größe veranlaßt werden. Ueber die Ursache der symmetrischen Ausbildung der Blüte hat man gestritten, ohne einig zu werden. Da sollten Licht und Wärme, Druck und Insektenstich (!) sowie die Schwerkraft verursachende Faktoren sein; es ist aber doch wohl unzweifelhaft, daß in erster Linie die schwer zu ergründende innere Natur der Pflanze gegenüber derartigen mechanischen *Ursachen* die hauptsächlich bestimmende, wenn nicht einzige, *sein wird.*

### b) Bau der Blüte im Einzelnen.

#### *a.* Die Achse.

Die Achse des Blütensprosses führt den Namen Blütenboden oder später Fruchtboden; gewöhnlich ist sie sehr verkürzt, da ihre Blätter sehr dicht aufeinander folgen und zwar im typischen Fall in der oben erwähnten Reihenfolge: Kelch, Blumenkrone, Staubgefäße und Stempel, sodaß also die letzteren den Gipfel bezw. das Zentrum der Blüte einnehmen. Allein es kommt doch auch vor, daß die Internodien zwischen zwei verschiedenen Blattquirlen der Blüte sich verlängern, sodaß dann ein Quirl stielartig emporgehoben erscheint (Nelkengewächse). Zuweilen bilden sich auf der Achse zwischen den Quirlen Drüsen mit honigartiger Absonderung; ist es ein mehr ringförmiger Wall, so nennt man es einen Diskus (Lippenblütler). Die Achse kann aber auch eine Verbreiterung erfahren und zu einer flachen Scheibe werden, auf der dann die Quirle mehr oder weniger auseinander gerückt erscheinen (einige Rosengewächse, z. B. Himbeere). Stellt man sich nun vor, daß auf diesem scheibenförmigen Blütenboden zwischen Staubblättern und Stempeln ein Wachstum stattfindet, so daß Kelch, Blumenkrone und Staubgefäße wie auf einem Wall emporgehoben werden, so ersieht man, daß sich eine becherförmige Bildung ergeben muß; im Innern dieses Bechers sitzen die Stempel, am Rand die übrigen Blütenorgane Rosengewächse, z. B. Rose). Der dritte Fall endlich ist, daß nun die becherförmig ausgebildete Achse an ihrer Innenfläche mit den Fruchtblättern verwächst, so daß dann also die andern Blütenteile auf dem Gipfel der Fruchtblätter und diese unter jenen zu sitzen scheinen (Doldengewächse). Man bezeichnet dies als Insertionsverhältnisse der Blüte *und nennt* die Blütenhülle im ersten Falle unterständig

(Fig. 27 und 28) (hypogyn — dann ist der Stempel natürlich oberständig), im zweiten Fall umständig (perigyn — dann ist der Stempel mittelständig) und endlich im dritten Fall oberständig (epigyn — dann ist der Stempel unterständig).

### β. Die Blütenhülle.

Es ist schon gesagt, daß Blüten ohne besondere Hülle nackt heißen (Esche, Weide). Die Hülle kann, wenn vorhanden, einfach, d. h. gleichartig ausgebildet sein, dann heißt sie Perigon (Fig. 29); oder sie kann sich in zwei verschiedene Kreise gliedern, dann unterscheidet man dieselben als Kelch und Krone (Fig. 27). Alle drei können verwachsen (Fig. 28 und 30) oder freiblättrig (Fig. 27 und 29) sein; im ersten Fall offenbart sich am Rand durch eine Zahnung, Spaltung oder Teilung noch die Mehrblättrigkeit. Bei dem Ausdruck „verwachsenblättrig" darf man übrigens nicht an eine nachfolgende Verwachsung ursprünglich getrennter Blattanlagen denken, eine derartige Blütenhülle entsteht vielmehr als ein Ringwall.

Fig. 27. Diplotaxis tenuifolia, Rampe, zweigeschlechtige vollständige Blüte. k Kelch, bl Blumenblätter, st Staubfäden, n Narbe des Stempels.

Fig. 28. Thunbergia alata. unterer Teil der Blüte, ak Außenkelch, k Kelch, bl Blumenkronenröhre.

Kelch und Krone unterscheiden sich bei typischer Ausbildung *wesentlich* durch ihr äußeres Verhalten. Der Kelch *ist grün und laubartig*, selten bunt (Fig. 30), gewöhnlich sind

seine Blätter mit breiter Basis sitzend und ungeteilt (bei der Rose geteilt). Seine Aufgabe als Blütenhülle fällt vor allem in die Jugendzeit der Blüte, d. h. er schützt die Knospe, welche die unreifen inneren Teile und die noch zusammengelegte Krone enthält. Der Kelch hat aus diesem Grunde oft nur eine vorübergehende Bedeutung und fällt daher in einzelnen Fällen bald nach dem Aufschließen der Blüte ab (Mohn). Ist er ausdauernder, dann übernimmt er später eine zweite Aufgabe. Diese ist vor allem, als Flugorgan die Verbreitung der Früchte zu fördern. Das ist namentlich auffallend bei den Kompositen, die einen haarförmigen, zunächst sehr kleinen Kelch besitzen, der jedoch später bis zur Fruchtreife zu einer fallschirmartigen Haarkrone, dem Pappus, auswächst (Löwenzahn, Ruhrkraut Fig. 32, auch Fig. 48). Die Bezeichnungen, die man für den verwachsenblättrigen Kelch benutzt, erklären sich aus sich selbst (z. B. röhrig, glockig, trichterförmig, becherförmig, kugelig, aufgeblasen). Der Kelch kann auch symmetrisch gebaut sein.

Fig. 29.
Begonia spec., weibliche Blüte. v Vorblatt, st Stiel, fr Fruchtknoten, bl Blumenkrone, n Narbe.

Fig. 30.
Mimulus luteus, Blüte mit kronenartigem Kelch.

Die Blumenkrone ist im Gegensatz zum Kelch meist bunt gefärbt und zarter gebaut; sie kann auch gestielt (genagelt sagt man dann) und zerschlitzt sein (Nelken). Die

bunte Färbung beruht auf gelösten roten und blauen oder körnigen gelben Farbstoffen; andere Eigentümlichkeiten wie sammetartige Oberfläche beruhen auf anatomischen Verhältnissen. Regelmäßige freiblättrige Kronen haben die Kreuzblütler, Nelken- und Rosengewächse, eine symmetrisch freiblättrige Krone besitzen die Schmetterlingsblütler, eine regelmäßig verwachsenblättrige die Glockenblumen, eine symmetrisch verwachsenblättrige die Lippenblütler. Die beiden letzten Formen vereinigen die Komposition (Fig. 31 und 32) in einem Blütenstand: ihre Röhrenblüten sind regelmäßig, die Zungenblüten symmetrisch. Im übrigen treffen wir auf ähnliche Bezeichnungen wie beim Kelch.

Fig. 31. Solidago virgaurea, Goldrute, Blütenköpfchen.

Auch die Ausbildung des Perigons kann eine ähnliche sein und zwar ist dasselbe entweder kelchartig (grün) oder kronenartig (bunt).

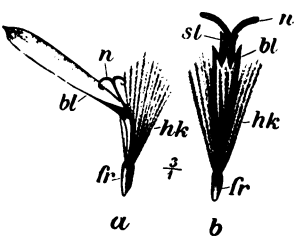



Fig. 32. Pulicaria dysenterica, Ruhrkraut. a) eingeschlechtige (weibliche) Zungenblüte vom Rand; b) zweigeschlechtige Röhrenblüte von der Scheibe. fr unterständiger Fruchtknoten, hk Haarkrone, bl Blumenkrone, st Staubfadenröhre, n Narbe. $^2/_1$.

Es erübrigt, noch ein Wort über die Bedeutung der Krone zu sagen. Es ist klar, daß die Arbeitsleistung der Krone als Blütenhülle nur eine ganz geringe sein kann. Es giebt allerdings Kronen und Perigone, die sich nachts schließen und dann die inneren Teile vor nächtlicher Kälte schützen. *Im übrigen* sind sie dazu viel zu zart und obendrein auch

meist flach ausgebreitet. Dies hängt alles mit einem wichtigen Kapitel der Biologie zusammen. Wie wir sehen werden, greifen die Insekten, besonders Hautflügler (Bienen, Hummeln), bei der Befruchtung der Pflanzen bedeutsam in das Leben derselben ein. Die Pflanze ist auf sie angewiesen, daher sucht sie dieselben anzulocken: sie bietet ihnen den Honig, den sie in der Blüte absondert und den Ueberfluß ihres Blütenstaubes, sie lockt sie an durch bunte Farben der Blumenblätter und durch Wohlgerüche. Die großen Blumenblätter rufen die Insekten schon von weitem und wenn sie kommen, bieten sie ihnen eine willkommene Anflugsfläche. Oft findet hierbei eine sonderbare Arbeitsteilung statt, indem bei manchen Blütenständen, namentlich bei den Körbchen, die außenstehenden Blüten bedeutend größer sind als die andren, also als Lockapparat und Anflugstelle dienen, im übrigen aber wertlos sind, da sie durch Verlust von Staubblättern und Stempeln unfruchtbar geworden sind (Wucherblume, Kornblume, Goldrute Fig. 31 und Ruhrkraut Fig. 32). Auch sonst bietet die Blumenkrone den Insekten gewöhnlich einen recht bequemen Eingang, wie z. B. die der Lippenblütler.

Die Blumenkrone kann auch hin und wieder eine andre Aufgabe übernehmen, vor allem die Sammlung und Aufspeicherung des Honigs. Dazu haben manche Blumenkronen eine spornartige Verlängerung (Knabenkraut, Veilchen); oft aber ist auch das ganze Blatt in ein Nektarium oder Honiggefäß umgewandelt (Nießwurz).

Die Aufgabe der Blütenhülle wird ab und zu von andern Blattorganen geleistet oder doch wenigstens unterstützt. So giebt es Pflanzen, die einen sogenannten Außenkelch besitzen (Thunbergia Fig. 28, Malven und Rosengewächse); es sind dies Hochblätter, die dem Kelch sehr nahe sitzen und

sogar blumenblattartig werden können. Auch Hochblätter des Blütenstands können mit zum Lockapparat hinzugezogen werden. Andererseits können auch Nebenblattbildungen der Blütenteile zur Verstärkung der Blütenhülle dienen; man nennt derartige Gebilde Nebenkronen (Narzisse).

### γ. Die Staubblätter (Fig. 33).

Man bezeichnet die Gesamtheit der Staubblätter als Androeceum. Ihre Zahl ist verschieden, aber doch wieder so konstant, daß Linné darnach sein künstliches System aufbaute. Man unterscheidet den Stiel des Staubblatts als Filament oder Staubfaden von dem oberen, keulenförmigen Teil, der Anthere oder dem Staubbeutel. Der Staubfaden kann als der unwesentliche Teil fehlen; er ist aber doch meist vorhanden, um die Staubbeutel in die rechte Lage zu bringen. Die Staubbeutel bestehen aus zwei Hälften und jede ist wieder durch eine Furche in zwei Teile geteilt; dies entspricht dem inneren Bau. Beim Durchschneiden eines Staubblatts erkennt man 4 Fächer, die sog. Pollensäcke; im reifen Staubblatt sitzt in diesen Säcken ein feiner Staub, der Pollen- oder Blütenstaub, der aus lauter kleinen, einzelnen Zellen von für die verschiedenen Arten sehr verschiedener Gestalt besteht; meist aber hat die Oberfläche Höcker, Warzen, Stacheln usw. Ihre Membran zerfällt in zwei Teile: die Intine und die Exine. Die beiden Pollensäcke werden durch das Konnektiv verbunden. In allen diesen Verhältnissen herrscht eine derartige Verschiedenheit, daß man sie zur systematischen Artenabgrenzung benutzen kann. (Vergl. Fig. 33 Erklärung.)

*Hin und wieder* werden Staubblätter unfruchtbar, d. h. *sie erzeugen keinen* Pollen; zum Teil schrumpfen sie in diesem

Fall ein, werden also völlig reduziert, zum Teil bleiben sie jedoch und nehmen eine andere Gestalt und Aufgabe an; sie werden zu „Staminodien", die oft drüsenartig beschaffen sind.

Die Staubgefäße können frei oder unter sich in mehrere Bündel verwachsen sein (s. die Klassen Linnés): bei den Kompositen (Fig. 32, b) sind nur die Staubbeutel, und zwar zu einer Röhre, verwachsen, während die Staubfäden frei sind; selbst mit Teilen des Stempels kann der Staubbeutel verwachsen (Orchideen).

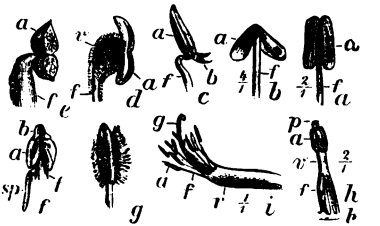



Fig. 33.

Staubblattformen. a) Salpiglossis, typische Anthere; b) Petunia hybrida, mit abstehenden Antheren; c) Calluna vulgaris, mit schwanzförmigen Anhängen an den Antheren; d) Maurandia, mit vertikalen Antheren und Verdickung (v) am Ende des Filaments; e) mit senkrecht stehenden Antheren und an der Spitze verdünntem Filament; f) Viola tricolor, mit Verlängerung des Filaments (a) und spornartigem Anhängsel (sp); g) Thunbergia alata, mit Knopfhaaren; h) Lobelia erinus, verwachsene Staubfäden, b Blütenboden, v verwachsener Teil der Staubfäden, f freier Teil, p Pollen; i) Lupinus, mit dem unteren Teil (r) der Staubfäden verwachsene Staubblätter; in allen 9 Figuren bezeichnet f den Staubfaden (Filament) und a den Staubbeutel (Anthere).

Die Pollensäcke öffnen sich bei der Reife des Pollens, indem sich gewisse unter der Oberhaut gelegene Zellen mit Verdickungsleisten beim Austrocknen zusammenziehen.

## 5. Der Stempel.

Als Stempel oder Pistill (Fig. 34) bezeichnet man das einzelne Fruchtblatt (Carpell), die Gesamtheit aller Fruchtblätter führt den Namen „Gynoeceum". Die Metamorphose des Blattes ist an ihm leichter zu erkennen als *am Staubblatt*. Denkt man sich, daß sich ein Blatt an seiner

Hauptader einschlägt, mit den Rändern zusammenlegt und dort verwächst (Bauchnaht), so entsteht dadurch eine Höhlung, die einfachste Form eines Stempels. In ausgebildeter Gestalt unterscheidet man an ihm drei Teile, nämlich Fruchtknoten, Griffel und Narbe; er ist dann gut mit einer Flasche zu vergleichen: ihr bauchiger Teil entspricht dem Fruchtknoten, ihr Hals dem Griffel, und der Kork der Narbe. Die Blattnatur des Stempels ist besonders bei den Schmetterlingsblütlern (z. B. Erbse) recht deutlich. Gewöhnlich haben die Pflanzen mehrere Fruchtblätter, die entweder frei bleiben (wie bei den Hahnenfußgewächsen, z. B. Anemone) oder mit einander verwachsen, sei es nun, daß die Fruchtknoten allein oder auch die anderen Teile verwachsen; oft ist dann die Verwachsung nicht mehr zu erkennen; die Fruchtblätter bilden vielmehr ein einheitliches aber mehrfächeriges Gebilde. Beides kann bei ober- und unterständigen Stempeln eintreten.

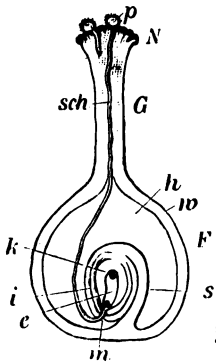



Fig. 34.
Typischer Stempel, schematisiert. F Fruchtknoten, G Griffel, N Narbe, w Wand des Fruchtknotens, h Höhle desselben, s Samenknospe, i Integumente, m Mikropyle, k Knospenkern, e Embryosack, sch Pollenschlauch, p Pollenkern.

In den Fruchtknoten finden sich bestimmte Stellen, Placenten genannt (Fig. 35, b und 37, b), an denen die wichtigsten Teile des Stempels, die Samenknospen, sitzen. Bei einfachen Fruchtblättern ist die Bauchnaht die Placenta, bei zusammengesetzten sind die Verhältnisse verschieden. Die Ausdrücke zentralwinkelständige (Lilie) und *wandständige Placentation* (Mohn) erklären sich von selbst.

bei freier Placenta (Primel) sitzen die Samenknospen auf einem Säulchen, das sich frei in der Fruchtknotenhöhle erhebt; endlich kann es vorkommen, daß nur eine einzige Samenknospe vorhanden ist, die im Grunde des Fruchtknotens sitzt (Knöterich).

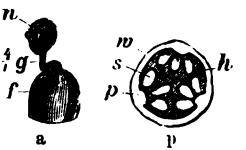



Fig. 35.
Viola tricolor, Stiefmütterchen, Pistill, a) Ansicht, b) Querschnitt; f Fruchtknoten, g Griffel, n knopfige hohle Narbe, w Fruchtknotenwand, h Fruchtknotenhöhle, p Placenta, s Samenknospe.

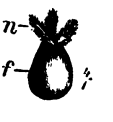



Fig. 36.
Cardiospermum halicacabum, griffellose Frucht. f Fruchtknoten, n dreiteilige fleischige haarige Narbe.

Die Samenknospe ist das Gebilde, aus welchem der Same entsteht. Ist ein Stiel vorhanden, so heißt derselbe Nabelstrang (Funiculus); die Stelle, wo die Samenknospe an diesem oder an die Placenta angeheftet ist, wird Nabel genannt (an der Erbse deutlich). Der Hauptteil der Samenknospe wird Knospenkern (Nucellus) genannt; er besitzt gewöhnlich eine oder zwei Hüllen (Integumente), welche auf dem Scheitel eine feine Oeffnung, die Mikropyle, lassen. Im Knospenkern zeigt sich schon früh eine große Zelle, der Embryosack, und am Scheitel desselben erkennt man mehrere (3) Zellen, von denen die innerste die Eizelle ist. — Die Samenanlage ist entweder gerade und Nabel und Mikropyle liegen einander gegenüber (atrope Samenknospe), oder sie ist gegenläufig (anatrop), wenn die gegenseitige Lage von Nabel und Mikropyle zwar ebenso, aber die ganze Samenknospe am Nabel gekrümmt und dem Nabelstrang angewachsen ist; endlich spricht man von krummläufiger

(kampylotroper) Samenknospe, wenn sie selbst gekrümmt ist, so daß Nabel und Mikropyle nicht gegenüber, sondern neben einander liegen.

Die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Samenknospe ist noch immer eine strittige, denn man ist sich noch nicht klar darüber, ob sie ein Knospen- oder ein Blattgebilde ist, es scheint aber, als ob die zweite Ansicht die richtigere wäre.

Der zweite Teil des Stempels, der Griffel, stellt einen meist mit lockerem Gewebe angefüllten Kanal dar, der auch ebenso gut fehlen kann, manchmal verzweigt oder geteilt ist (Fig. 37) und nach Länge und Dicke sehr verschieden sein kann.

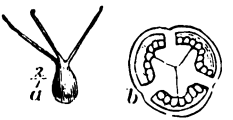


Fig. 37.
Hypericum perforatum, Harthen; Pistill, a Ansicht, b Querschnitt.

Der dritte Teil, die Narbe, ist hingegen wesentlicher. Sie ist gewöhnlich knopfförmig einfach, kann aber auch geteilt und anders gestaltet sein (Fig. 35—38). Gewöhnlich ist sie mit Warzen besetzt und obendrein klebrig und schleimig, was mit ihrer biologischen Bedeutung zusammenhängt. Zuweilen besitzt sie Sammelapparate für den Pollen, seien es nun Bürsten- oder Becher- oder Schirmbildungen (Fig. 38, c, e, h).

Der Zweck der Staub- und Fruchtblätter ist die Befruchtung. Dieselbe geschieht durch Verschmelzung des Polleninhalts mit der Eizelle. Das Pollenkorn gelangt, gewöhnlich von Insekten getragen, (daher der Honig und die Lockapparate) auf die Narbe, haftet hier vermöge seiner warzigen Beschaffenheit, die es mit der Narbe teilt, und treibt, von dem Narbensekret angeregt, einen Schlauch, der das Leitgewebe des Griffels *durchwächst und endlich* zur Eizelle gelangt.

Die hier geschilderten Verhältnisse gelten für die sog. Angiospermen (bedecktsamige Pflanzen). Diese besitzen einen Fruchtknoten mit geschlossener Höhle. Anders dagegen die Gymnospermen (nacktsamige Pflanzen); hier schließen sich die Fruchtblätter nicht zu einem Gehäuse, sondern sie bleiben offen und mehr blattförmig, schuppig; später stellen sie oder vielmehr ein Teil derselben die bekannten Schuppen der Tannen- und Kieferzapfen dar.

## 9. Die Frucht.

Das Ergebnis der Befruchtung ist die Entstehung von Frucht und Samen. Die Frucht ist das, was durch Umwandlung des Fruchtknotens entsteht, der Same das, was aus der Samenknospe hervorgeht.

Die Veränderungen, welche mit der Befruchtung eintreten, sind aber so tiefgehende, daß sie oft noch andere Blütenteile in ihren Bereich ziehen. So können sich Hochblätter sogar zur Fruchthülle umbilden (Becher der Kupuliferen: Eiche, Buche, Hasel). Wenn der Blütenboden daran teilnimmt, so entstehen die unten zu besprechenden Scheinfrüchte.

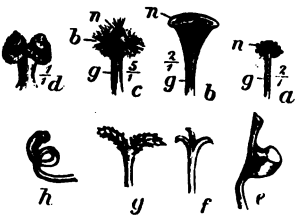



Fig. 38.
Griffel- und Narbenformen. a) Convolvulus, einfache knopfförmige Narbe mit Pollenkörnern; b) Salpiglossis, nach oben verbreiteter Griffel; c) Lobelia erinus, unter der Narbe mit Bürste (b); d) Begonia, gewundene Narbe; e) Thunbergia alata, Griffel mit Sammelbecher; f) Valeriana officinalis mit dreiteiliger Narbe; g) Scirpus, zweiteilige Narbe mit stacheliger Oberfläche; h) Sarothamnus scoparius, spiralig gerollter Griffel mit Sammelbürste am Ende; bei a, b und c bedeuten g Griffel und n Narbe.

Der Fruchtknoten erfährt die weitgehendste Umänderung.

Griffel und Narbe haben nach erfolgter Befruchtung ihre Schuldigkeit gethan, und können daher abfallen. Nur selten bildet sich der Griffel als Flugorgan aus (einige Nelkenwurzarten), bei den Storchschnabelarten bildet er einen Bohrapparat (s. unten).

Die Zahl der Früchte richtet sich natürlich nach der Zahl der Fruchtknoten. Das Fruchtgehäuse, welches bei den echten Früchten aus der Wand des Fruchtknotens hervorgeht, läßt in der Regel drei Schichten erkennen, nach deren verschiedener Ausbildung man die Früchte einteilen kann. Man unter-

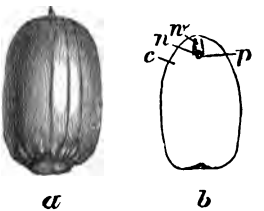



Fig. 39.

Quercus, Eiche, Frucht (Nuß). a) Ansicht, b) Längsschnitt; c Kotyledon, oben liegt der Keimling, daran w Wurzelchen, p Plumula, n Narbe des zweiten Kotyledons.

Fig. 40.

Diplotaxis tenuifolia, Rampe, Schotenfrucht.

scheidet zunächst echte Früchte und Scheinfrüchte; erstere gehen nur aus dem Fruchtknoten, letztere auch aus anderen Blütenteilen hervor. Die echten Früchte heißen Saftfrüchte, wenn ihre Wand saftig ist, Trockenfrüchte, wenn sie trockenhäutig, ledern oder holzig ist. Die letzteren wieder sind entweder Schließ-, oder Spring-, oder Spaltfrüchte. Bei den Schließfrüchten öffnet sich die Hülle erst bei der *Keimung; dahin gehört* z. B. die Grasfrucht (Karyopse),

bei welcher die Hülle mit dem Samen verwächst, die Nuß (der Eiche (Fig. 39) und Haselnuß), bei welcher die Hülle besonders hart ist, und die Flügelfrucht (Ahorn), bei welcher die Fruchthülle eine flügelartige Erweiterung hat. — Die Springfrüchte entlassen die Samen bei der Reife, indem sie an irgend einer Stelle aufspringen oder sonst Oeffnungen erhalten. Springt die Frucht an der Bauchnaht auf, so ist es eine Balgfrucht (Päonie), springt die Frucht in zwei Klappen ohne Scheidewand auf, so nennt man sie Hülse (Schmetterlingsblütler: Erbse), hat sie aber dabei eine Scheidewand, Schote (Fig. 40) (Kreuzblütler: Hirtentäschel). In

Fig. 41.
Malva rotundifolia, Malve. a) Kelch mit Spaltfrucht, b) einzelne Teilfrucht; ak Außenkelch, k Kelch, fr Früchte.

Fig. 42.
Heracleum sphondylium, Bärenklau, Spaltfrucht. a die beiden Teilfrüchte, b oben gemeinsamer Stiel der beiden Früchte, c Griffel, d Diskus.

allen andern Fällen spricht man einfach von Kapsel; diese kann mit Zähnen aufspringen (Kornrade), oder mit Löchern (Mohn), oder mit einem Deckel (Ackergauchheil). — Die Spaltfrucht (Fig. 41 und 42) teilt sich in der Reife in mehrere Teile, die an sich gewöhnlich Schließfrüchte sind (Doldenpflanzen); oft ist die Frucht schon vorher dafür gegliedert (*Gliederschote* des Hederich).

Die Saftfrüchte springen gewöhnlich nicht auf; einige Gurken platzen zur Zeit der Reife schon bei bloßer Berührung und streuen, indem sie aufspringen, ihre Samen weithin aus. Die gewöhnlichen Saftfrüchte kann man als Stein- und Beerenfrüchte unterscheiden. Bei den ersteren ist die innerste Fruchtschicht zu einem steinharten Gewebe geworden, während die beiden äußeren saftig sind (Pfirsich, Fig. 43, und

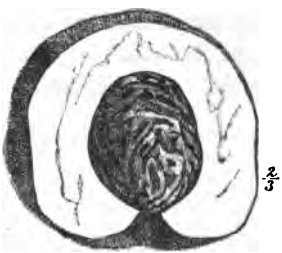



Fig. 43.
Persica vulgaris, Pfirsich, Steinfrucht.

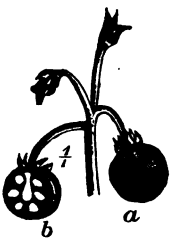



Fig. 44.
Solanum nigrum, Nachtschatten, Beere.
a Flächenansicht, b Querschnitt.

Kirsche), die Steinfrüchte enthalten nur je einen Samen. Die Beerenfrüchte haben mehrere Samen und die innere Fruchtschicht ist nicht steinhart (Johannisbeere, Heidelbeere, Nachtschatten, Fig. 44).

Wenn außer dem Fruchtknoten noch andere Blütenteile an der Fruchtbildung teilnehmen, so nennt man die Frucht, wie gesagt, eine Scheinfrucht. So wird z. B. bei der Erdbeere der Blütenboden fleischig, während die kleinen Früchte in diesem Fruchtfleisch eingebettet sind und mit ihren Spitzen daraus hervorsehen. Bei der Feige ist es sogar ein ganzer Blütenstand, dessen Achse fleischig wird. Bei der Apfelfrucht wird der mit den Fruchtknoten verwachsende becherförmige

Blütenboden fleischig. In diesen Fällen kann man übrigens ebenso gut von Sammelfrüchten reden, worunter man Früchte versteht, die durch Vereinigung der Früchte einer Blüte entstehen. Eine derartige Sammelfrucht ist z. B. auch die Frucht der Brombeere (Fig. 45), deren einzelne Fruchtknoten Steinfrüchtchen darstellen und die sich zusammenhängend von dem kegelförmigen Fruchtboden abheben lassen.

Die biologische Bedeutung der Frucht ist einleuchtend. Sie soll den heranwachsenden Samen schützen und, wenn er reif ist, zu seiner Verbreitung beitragen. Das erstere thut sie, indem die Wand möglichst stark wird und oft mit Stacheln und Dornen versehen ist, wodurch sie vor Angriffen von Tieren gesichert ist (Stechapfel). Vor diesen schützen sie sich auch durch bittere oder saure oder sonstwie unangenehme Beschaffenheit der fleischigen Schicht (Wallnuß, unreife Kirschen). Bei Schließfrüchten bietet die harte, feste Schale während der kalten Jahreszeit auch einen willkommenen Schutz gegen Kälte und Nässe. Andererseits sollen die Früchte zur Verbreitung der Samen beitragen. Wenn die Samen der Mutterpflanze alle um diese herum in ihrer nächsten Umgebung ausgestreut würden, so leuchtet ein, daß sie beim Keimen und Aufwachsen sich hier gegenseitig arg hindern würden; sie werden sich Boden, Luft und Licht gegenseitig nehmen, und daher werden alle oder die meisten schwach und elend bleiben. Es muß also für die Erhaltung der Art von ganz besonderer Bedeutung sein, daß sich ihre Samen und Nachkommen möglichst weit von der Mutterpflanze entfernt ansiedeln.

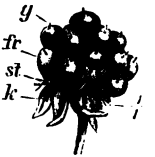



Fig. 45. Rubus fruticosus, Brombeere, Sammelfrucht. k Kelch, st vertrocknete Staubgefäße, fr Früchte, g Griffel derselben.

Die solches bewirkenden Einrichtungen an Früchten und Samen bieten wieder ein anziehendes Bild aus dem Leben der Natur. Oft hilft sich die Pflanze hierbei selbst. Das ist bei allen Springfrüchten der Fall, besonders dann, wenn dieselben Vorrichtungen haben, die man als *Schleuderwerke* bezeichnen kann, weil sie durch allerhand mechanische Mittel die Samen weit fortschleudern. Das schönste und bekannteste Beispiel liefert die Pflanze Rühr-mich-nicht-an (Impatiens). Durch Trockenwerden ziehen sich bestimmte Gewebe zusammen und die Wände krümmen sich dergestalt, daß der Samen weit fortgeschleudert wird. Bemerkenswert ist das Beispiel von der Flockenblume (Fig. 46 und 47); hier öffnet sich der Hüll-

Fig. 46.
*Centaurea scabiosa*, Flockenblume, geschlossenes Fruchtkörbchen, hk Hüllkelchblätter, bl Blütenreste (im Innern die Früchte).

Fig. 47.
Dieselbe, geöffnetes Fruchtkörbchen, die Hüllkelchblätter sind ausgebreitet, die Früchte ausgestreut, in der Mitte sieht man den grubigen Fruchtboden.

kelch des Fruchtstandes bei trockenem Wetter und streut dann die in ihm enthaltenen Früchte aus. In anderen Fällen bedient sich die Pflanze anderer Kräfte, nämlich des Windes oder der Tiere. Oft sind die Samen so leicht, daß ein Windstoß sie aus der Kapsel entführt, besonders wenn der Same obendrein noch Flugvorrichtungen besitzt. Solche *Flugorgane* können sehr mannigfach sein. Es können

flügelartige Bildungen sein (Ahorn) oder Fallschirme (Kupula der Hainbuche, Haarkelch der Kompositen Fig. 48); dies sind dann aber meist Bildungen der Hochblätter oder der Blütenhülle, endlich kann das Flugvermögen auf federartiger Beschaffenheit des Griffels beruhen (Clematis).

Sehr verbreitet ist es, daß Tiere Transportmittel für die Früchte sind, wobei wieder zwei Fälle zu unterscheiden sind. Oft geschieht die Beförderung rein mechanisch, die Früchte besitzen dann allerhand Stacheln, Borsten und Widerhaken, mit denen sie sich im Fell vorüberstreifender Tiere befestigen und manchmal bis ins Fleisch einbohren (Gräser, Labkraut, Odermennig Fig. 49); manchmal besitzen die Früchte auch Klebstoffe, mit denen sie sich an Tiere heften. Besonders merkwürdig aber ist der zweite Fall, wenn nämlich die Früchte die Tiere anlocken, indem sie ihnen Genußmittel liefern, und zwar eben jene Saftfrüchte, die neben der wässrigen Flüssigkeit in ihrer saftigen Fruchtschale Zucker und aromatische Stoffe enthalten, wodurch sie sogar für die Menschen zum Lockmittel werden. Derartige Früchte werden oft von Tieren weit verschleppt und dann aufgefressen, die hartschaligen Teile dagegen werden zurückgelassen. Kleinere Früchte werden auch oft mitsamt den Samen gefressen, die dann den Verdauungskanal unbehindert durchwandern, da sie gewöhnlich mit einer harten Schale versehen sind, die den auflösenden Säften in Magen und Darm widerstehen.

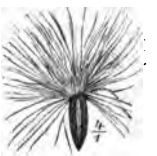


Fig. 48. Sonchus oleraceus, Saudistel mit Pappus, d. i. zu Haaren ausgewachsener Kelch, Flugorgan.

Im Anschluß an das Gesagte sei noch kurz erwähnt, wie die Pflanzen oft ihre Früchte mit Vorrichtungen aus-

ſtatten, durch die ſie befähigt ſind, ſich in den Boden einzubohren. Manche beſitzen dazu einfache Stacheln mit Widerhaken; ſo hält ſich z. B. die Waſſernuß im Schlammboden feſt; andere beſitzen an der Frucht eine lange hygroſkopiſche, d. h. für die Feuchtigkeit der Luft empfindliche Borſte, welche ſich bei Feuchtigkeit ausdehnt, bei Trockenheit zuſammenzieht und ſo allgemach in den Erdboden einſchiebt (Storchſchnabel).

Fig: 49. Agrimonia eupatoria, Odermennig, Frucht mit Widerhaken.

Alles hier Berührte hat für den liebevollen Naturbeobachter ein hohes Intereſſe. Es betrifft freilich nur einige Einzelfälle; dieſe aber mögen zu weiteren Beobachtungen anleiten.

## 10. Der Same.

Wir haben ſchon geſehen, daß der Same infolge der Befruchtung ſich aus der Samenknoſpe bildet. — Er beſteht aus einer Schale, die aus den Hüllen der Samenknoſpe entſteht, und aus dem Keimling (Embryo), der aus der Eizelle im Embryoſack hervorgeht; außerdem befindet ſich neben dem Keimling oft noch ein Nährgewebe, welches man Sameneiweiß oder Endoſperm nennt.

Der Keimling iſt natürlich der wichtigſte Teil des Samens. Er beſteht aus einem, zwei oder mehreren Samenlappen (Kotyledonen), dem Knöſpchen und dem Würzelchen. Das ganze Gebilde entſteht nach der Befruchtung aus der Eizelle, indem dieſelbe ſich fortgeſetzt teilt und dadurch endlich jenes zuſammengeſetzte Pflänzchen im Kleinen *bildet, welches* ſchon alle Teile der jungen Pflanze an ſich *erkennen läßt.*

Die Samenschale richtet sich in ihrer Ausbildung nach dem, was sie zu leisten hat. Wenn die Frucht eine starke und bleibende Hülle hat, so ist die Samenschale nicht unnötiger Weise auch noch stark, sondern dünn und häutig, wie bei der Eichel und Walnuß. Bei Spring- und Saftfrüchten dagegen bedarf der Keimling nach Verlassen der Frucht eines weiteren Schutzes, den ihm dann eine festgebaute, lederige (Bohne) oder steinharte (Wein) Schale angedeihen läßt. Eine besondere Eigenart zeigen die Samen des Leins und anderer Pflanzen, indem die äußeren Zellen derselben beim Feuchtwerden verschleimen. Nicht selten besitzen nicht die Früchte, sondern die Samen Vorrichtungen zum Fliegen, bei der Kiefer in Gestalt von flügelartigen Anhängen, bei den Weidearten und dem Windröschen als Haarschopf. Ja, auch an Genußmitteln fehlt es am Samen nicht gänzlich; man kann dahin wohl den Arillus rechnen, d. h. einen fleischigen Mantel, welcher den Samen von unten her umwächst und umgiebt (Eibe, Muskatnuß).

Für die Systematik ist das Vorhandensein und Fehlen des Sameneiweißes besonders wichtig; nicht weniger für die Biologie. Wir haben schon gesehen, daß die Samenlappen gewöhnlich reich an Reservestoffen, vor allem an Stärke, sind und daß diese dann zur Ernährung der jungen Pflanze dienen. Auch sahen wir schon, daß in anderen Fällen die Samenlappen von dem Eiweiß vertreten werden. Dieses Sameneiweiß ist ein Parenchymgewebe, welches Protoplasma, Oel oder Stärke enthält und den Raum zwischen Keimling und Samenschale ausfüllt; es entsteht gewöhnlich aus dem Embryosack, seltener nehmen noch andere Zellen des Knospenkerns an seiner Bildung teil. Nach seiner Beschaffenheit nennt man es mehlig, ölig, fleischig oder hornartig.

Der Keimling liegt entweder mitten im Sameneiweiß oder nicht; auch an seiner Außenseite kann er liegen. Er ist gerade oder gekrümmt. Die Beschaffenheit seiner Teile haben wir schon erörtert; auch von ihrer Bedeutung redeten wir schon.

---

## III. Vom Leben der Pflanze.

Die Pflanze ist an die Scholle gebunden, sagt man; sie klammert sich mit ihren Wurzeln an der Unterlage fest und sendet ihren Stengel samt Blättern und Blüten dem Licht und der Luft entgegen. Läßt man ein Pflänzlein ungestört sein Leben abwickeln, so erkennt man, daß es aus gar kleinen Anfängen beginnt; dann wächst es wie von unsichtbarer Hand gepflegt, entwickelt sich mehr und mehr zu einem selbständigen Wesen und bildet Blüten, in deren geheimnisvollen Schoß ein oder viele neue Wesen derselben Art als im Verhältnis zur erwachsenen Pflanze winzige Samen entstehen.

Das Leben der Pflanze zeigt also vor allem zwei wesentliche Vorgänge: Wachstum und Entwicklung einerseits und Fortpflanzung andererseits. Fragen wir uns aber, wie denn beides ermöglicht wird, so müssen wir als den eigentlichen Grundvorgang alles Pflanzenlebens die Ernährung auffassen.

### 1. Die Ernährung.

Die Ernährung der Pflanzen (wir sprechen dabei von *den selbständigen* Pflanzen, nicht von Parasiten) ist eine *wesentlich andere als* bei den Tieren. Sie zeichnet sich dadurch

aus, daß bei ihr aus den Stoffen, welche die leblose Außenwelt der Pflanze bietet, in ihrem Innern Stoffe gebraut werden, welche denjenigen ähnlich sind, die den Pflanzenleib zusammensetzen; daher heißt dieser Vorgang Aehnlichmachung oder Assimilation. Ist dieser Vorgang so etwas Außergewöhnliches, so werden auch die Mittel außergewöhnlich, d. h. anders als bei dem Tier sein; die Nahrung selbst ist anders geartet und also auch die Aufnahme und die Organe der Verarbeitung.

### a. Die Nahrungsmittel.

Von unserm Standpunkt aus ist die Pflanze äußerst genügsam; denn sie ist zufrieden, wenn ihr die Luft Kohlensäure und der Erdboden Wasser liefert. Das Regenwasser, welches durch die Erde sickert, nimmt aber aus ihr mancherlei lösliche Salze auf und bringt sie mit in die Pflanze, und damit ist deren Küchenzettel so ziemlich erschöpft. Untersuchen wir aber die Nahrungsbedürfnisse der Pflanzen etwas näher, so erkennen wir, daß sie doch ganz bestimmte chemische Grundstoffe nötig hat, dieselben natürlich, die ihren Körper zusammensetzen. Da nun aber die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzen eine durchaus verschiedene, für jede Art aber eigentümliche ist, so läßt sich von vornherein annehmen, daß auch die Ansprüche, welche die verschiedenen Pflanzen an den Boden stellen, verschieden sein werden; das bezieht sich in erster Linie auf die Art und Menge der mit dem Wasser aufgenommenen Salze, während alle Pflanzen Wasser selbst und Kohlensäure in gleicher Weise nötig haben.

Die chemischen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper aufbauen, sind vor allem: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; dazu kommen noch Schwefel und Phosphor, sowie einige Metalle: Kalium, Calcium, Magnesium

und Eisen; sehr weit verbreitet ist endlich Silicium. Welche Rolle diese Grundstoffe in der Pflanze spielen, ist noch keineswegs für alle festgestellt; Silicium ist jedenfalls nicht von sehr großer Bedeutung; die anderen dürfen nicht fehlen.

Fragen wir uns, woher nun die Pflanze diese Grundstoffe bezieht, so ist die Herkunft der drei ersten sehr klar: Kohlensäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff. Stickstoff ist in einem Salz, dem Salpeter, weit verbreitet und kommt außerdem in großen Mengen in der Luft vor (⁴/₅ der Luft). Versuche haben aber festgestellt, daß dieser Stickstoff der Luft für die meisten Pflanzen mit Ausnahme der Leguminosen eine verschlossene Quelle ist. Die genannten Metalle, sowie Schwefel und Phosphor kommen in Form von Salzen in die Pflanzen, besonders als salpetersaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze.

Daß wirklich nur diese Salze nebst Wasser und Kohlensäure der Luft zur Ernährung der Pflanzen nötig sind, aber auch genügen, das zeigen sogenannte Wasserkulturen, die jeder leicht selbst machen kann: man läßt Samen von Mais oder Erbsen oder Bohnen in sorgsam gereinigten, feuchten Sägespänen keimen und setzt sie, wenn ihre Wurzeln einigermaßen kräftig, d. h. 3—4 cm lang sind, wohl gereinigt mittelst eines durchbohrten Korks in einen Cylinder mit einer Nährlösung, die man sich durch Auflösung von 1 Gr. salpetersaurem Kali und je ¹/₂ Gr. schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia und phosphorsaurem Kalk in 1 Liter dest. Wasser herstellt. Bringt man diese Vorrichtung, die man vorteilhaft mit einer dunkeln Papphülse umgiebt (damit sich am Glas keine Algen ansetzen), ins Sonnenlicht, so gedeiht die Pflanze vortrefflich, bis sie *nach einiger Zeit* gelbliche Blätter bekommt; ein sehr geringer *Zusatz einer Eisensalzlösung* macht die Blätter wieder normal.

Wenn der Boden die genannten Stoffe nicht enthält, so kann die Pflanze nicht gedeihen; daraus erklärt sich vieles in der Verteilung der Pflanzen. Auch haben manche Pflanzen von diesem oder jenem Stoff mehr nötig als andere; so giebt es z. B. Pflanzen, die ein besonderes Bedürfnis nach Kochsalz haben und daher gern an Küsten nnd in der Nähe von Salinen wachsen. — Bietet ein Boden einer anzubauenden Pflanze nicht genügend Salze, so müssen ihm diese zugeführt werden, was der Landwirt mit dem Dünger thut.

### b) Die Ernährungsorgane und die Nahrungsaufnahme.

Es muß dem Unbefangenen rätselhaft erscheinen, wie die Pflanze ihre Nahrung aufnimmt. Denn er sieht keinerlei Oeffnungen an ihr wie beim Tiere.

Was für Organe der Pflanze umspült denn nun die Luft und das Wasser der Erde? Die Pflanze streckt ihre Blätter in die Luft und ihre Wurzeln senkt sie in das feuchte Erdreich. Beide stellen in der That ihre Ernährungsorgane dar, oder richtiger: die Organe zur Aufnahme der Nahrung. Die Blätter besitzen, wie wir schon sahen, sogenannte Spaltöffnungen, durch welche die Luft samt der Kohlensäure in das Innere des Blattes tritt. Die Wurzeln besitzen an ihren Spitzen sehr feine Schläuche, die uns schon bekannten Wurzelhaare, die, ohne eine Oeffnung zu besitzen, das Wasser aus der Erde auffaugen. Dabei ist es auffallend, daß dies noch vor sich geht, auch wenn unser Auge und Gefühl gar kein Wasser mehr im Boden erkennen kann, was zum guten Teil daher kommt, daß diese feinen Haare mit den Sandkörnchen des Bodens geradezu verwachsen: wenn man ein junges Pflänzchen aus dem Boden heraus zieht, so erscheinen *feine Wurzeln* wie mit einem Mantel von Erde umgeben.

Nach dem Diffusionsgesetze aber vermag Wasser mit den in ihm gelösten Salzen durch eine tierische oder pflanzliche Haut hindurch zu treten.

Die Wurzeln sind nun aber nur die Aufnahmeorgane des Wassers; seine Verbrauchsorte hingegen sind hoch oben im Licht die Blätter und die Stellen, wo die Pflanze wächst; dorthin muß es also geleitet werden. Die zweite wichtige, mit der Ernährung eng zusammenhängende Frage ist also die nach der Leitung des Wassers.

Wir haben schon erörtert, daß die Pflanze von Gefäßbündeln durchzogen ist und daß diese die Leitbahnen für Wasser und andere Stoffe darstellen, und zwar sind es die verholzten Zellwände, welche die eigentümliche Eigenschaft besitzen, das Wasser schnell in sich fortzuleiten; das übrige Gewebe ist zwar auch zur Aufnahme und Leitung des Wassers befähigt, allein nie in dem Grade wie die verholzten Zellen. — Die Frage, durch welche Kräfte das Wasser in der Pflanze gehoben wird, ist nun aber noch nicht endgültig gelöst. Man hat die Kapillarität herangezogen und gewiß wirken auch die feinen Gefäße wie Haarröhrchen; allein das Wasser wird ja mehr in den Wänden geleitet. Auch weiß man, daß die Saughaare an den Wurzeln das Wasser ihrer Umgebung mit großer Kraft aufsaugen und daß das Wasser dann in die Höhe getrieben wird, so daß es an einer Schnittfläche des Stammes hervorquillt; man nennt dies Wurzeldruck. Allein auch diese Kraft vermag das Aufsteigen des Wassers nicht völlig zu erklären.

Noch eine andere Erscheinung steht offenbar in wichtigem Zusammenhang mit der Wasserleitung, das ist die *Wasserverdunstung* oder Transpiration. Die Blätter geben *fortwährend an* ihrer Oberfläche dampfförmiges Wasser ab,

wodurch die Lösung der verschiedenen Stoffe in den Pflanzenzellen konzentrierter wird. Da nun aber zwischen benachbarten Zellen das Bestreben herrscht, das Gleichgewicht im Grade der Konzentration ihres Zellsaftes wieder herzustellen, so geht daraus hervor, daß von Zelle zu Zelle eine Wasserwanderung stattfinden muß, die endlich am untern Ende der Pflanze eine Wasseraufnahme aus dem Boden veranlaßt; ein völliges Gleichgewicht aber wird dadurch nicht hergestellt, weil ja durch die Transpiration sofort wieder Wasser abgegeben wird.

Wir haben gesehen, daß man in dem Grundgewebe des Blattes zwei Schichten erkennen kann, die Palisadenschicht und das Schwammparenchym. Die Palisadenschicht ist das Ernährungsgewebe, das Schwammparenchym ein Transpirationsgewebe, das ein weites System von Luftkanälen darstellt und in direkter Verbindung mit der Atemhöhle steht, dem Raum unter den Spaltöffnungen, die auf der Seite des Schwammparenchyms und nicht etwa des Palisadenparenchyms liegen. Der Mechanismus ist nun einfach: wenn das Kanalsystem des Schwammparenchyms mit Wasserdampf aus den umgebenden Zellen angefüllt ist, so wird er durch die nun sich erweiternde Spaltöffnung herausgelassen; ist dagegen kein Ueberfluß an Wasserdampf vorhanden, so schließen sich die Spaltöffnungszellen. Transpiration und Wurzeldruck werden sich nun entgegenkommen und gemeinsam den aufsteigenden Strom des mit Nährsalzen versehenen Wassers veranlassen. Es muß aber auch zu Zeiten der Wurzeldruck allein genügen, um den Strom zu veranlassen, so z. B. im Frühjahr, wenn noch keine ausdünstenden Blätter vorhanden sind. Thatsächlich ist dann der Saftstrom auch ein besonders kräftiger. — Nach dem Gesagten ist nun aber auch *die sonst recht* auffällige Thatsache klar, daß die Pflanze so

viel Wasser aufnimmt und wieder abgiebt. Das Wasser ist nämlich zum großen Teil lediglich das Fuhrwerk für die Salze, welche die Pflanze notwendiger Weise aus dem Boden aufnehmen soll, deren sie sich aber auf andere Weise nicht bemächtigen könnte.

Mit der Transpirationserscheinung sind nun noch manche andere Nebenerscheinungen verbunden, die des Interessanten gar vieles bieten. So ist z. B. schon bei der Besprechung des inneren Baues der Pflanzen darauf hingewiesen worden, wie ängstlich die Bahn des Wasserstroms seitlich isoliert ist, sei es durch Verkorkung der äußeren Oberhautmembran oder der Korkzellen oder durch einen Wachsüberzug oder dadurch, daß die Schließzellen der Spaltöffnung tief in einer Grube liegen. — Ein ganz außerordentlich interessantes Gebiet bilden die Vorkehrungen zur Verhütung der übermäßigen Transpiration. Einige Beispiele mögen darauf hinweisen. Da gedenken wir des Haarkleides mancher Blätter, besonders an Pflanzen, die an trockenen Standorten leben, in Steppen und Wüsten. Da erinnern wir ferner an die Sukkulenten oder Fettpflanzen, bei denen Verhütung zu starker Transpiration und Wasserspeicherung zu gleicher Zeit so schön durchgeführt ist. Da sind die Rutengewächse, deren rutenförmige grüne Zweige eine bemerkenswerte Reduktion der Blätter offenbaren und dabei selbst die Assimilation übernehmen (unsere Ginsterarten, Besenstrauch). — Sehr interessant ist in dieser Hinsicht auch die Stellung der Blätter. Es giebt Pflanzen, deren Blätter sich parallel zu den Strahlen der Sonne stellen und dadurch einer zu starken Transpiration entgegenarbeiten; ja, das kann so weit gehen, daß die Blätter ihre Lage zu Zeiten je nach Bedarf ändern.

*In dem Vorstehenden* ist die Aufnahme von Wasser nebst

Nährsalzen erörtert; es erübrigt noch, von der Aufnahme der anderen Elemente, also vor allem des Stickstoffs und des Kohlenstoffs, zu sprechen. Der Stickstoff gelangt meistens in Gestalt von salpetersauren Salzen mit dem Wasser in die Pflanze. Es erscheint verwunderlich, daß der freie Stickstoff der Luft, der doch in großen Mengen vorhanden ist, von den Pflanzen verschmäht wird. Man kennt allerdings schon lange einige Pflanzen, die Hülsenfrüchtler oder Leguminosen, welche auf einem ungedüngten, stickstofffreien Boden gedeihen. Aber erst in den letzten Jahren hat man die Beobachtung gemacht, daß die hiebei offenbar zu tage tretende Fähigkeit der Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffs ihren Grund in einer sonderbaren Genossenschaft dieser Pflanzen mit Bakterien hat. Jene Leguminosen haben an den Wurzeln kleine Knollen, und in diesen sitzen in einem parenchymatischen Gewebe unzählige Bakterien; man nimmt jetzt an, daß diese Wesen in irgend einer Weise die Ausnutzung und Zuführung des Stickstoffs der Luft bewirken.

Der Kohlenstoff, den die Pflanzen brauchen, stammt einzig und allein aus der Luft, in welcher er in Gestalt von Kohlensäure in geringem Prozentsatz vorhanden ist, in die er aber auch immer wieder durch die Atmung von Menschen und Tieren kommt.

Forschen wir nun weiter nach dem Ernährungsvorgang der Pflanzen, so ist folgender Versuch von großer Bedeutung. Wenn man in kohlensäurehaltiges Wasser einige Wasserpflanzen bringt, und das Gefäß in die Sonne stellt, so sieht man bald von den Pflanzen, besonders den Stengelschnittflächen, kleine Gasbläschen aufsteigen, die sich bei näherer Untersuchung als Sauerstoff erweisen; durch einen geeigneten *Versuch* läßt sich diese Sauerstoffabscheidung auch bei Land-

pflanzen beobachten. Die Pflanzen nehmen also Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff aus.

Aus vielfachen Versuchen geht ferner hervor, daß dies nur die grünen Pflanzen vermögen, nicht aber die Parasiten (z. B. Pilze). Das Blattgrün muß demnach die eigentliche Stätte der Assimilation sein. Aber mit dem Blattgrün allein ist es nicht gethan; es kommt noch ein mächtiger Faktor hinzu, um die Assimilation zu ermöglichen: das ist das Licht. Zahlreiche Beobachtungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das Licht einen großen Einfluß auf die Assimilation ausübt, ja daß durch andauernde Lichtentziehung Krankheit und Tod der Pflanze hervorgerufen werden können. Das Licht hat Einfluß sowohl auf die Bildung als auch auf die Thätigkeit des Chlorophylls. Wenn man Pflanzen im Keller wachsen läßt, so bleiben sie bleich und bilden lange, dünne Triebe; sie werden geil, wie man sagt.

Die weitere hochwichtige Frage ist nun, wie denn im Innern der Zelle die Assimilation vor sich geht. — Wir sind darüber durchaus noch nicht völlig aufgeklärt, wissen aber, daß dieser Vorgang in einer Zersetzung von Kohlensäure und Wasser besteht, wobei eben Sauerstoff ausgeschieden wird. Die andere Frage, was denn nun dabei entsteht, ist ungleich schwieriger zu beantworten. Nur so viel wissen wir, daß eines der ersten Assimilationsprodukte Stärke ist, was man mikroskopisch feststellen kann: man sieht in den Blattgrünkörnern kleinere Stärkemehlkörnchen auftauchen. Aber auch durch einen andern einfachen Versuch läßt es sich erkennen. Durch Jodlösung wird Stärke blaugefärbt. Wenn man nun ein noch am Stengel befindliches Blatt zum Teil mit Stanniol bedeckt und es nach einigen Stunden vom Stengel trennt und in kochendes Wasser und dann in heißen Alkohol bringt,

so lösen diese beiden Flüssigkeiten viele Stoffe, besonders das Blattgrün, in dem Blatte auf, so daß es bleich wird. Legt man das Blatt nunmehr in Jodlösung, so wird es an den nicht vom Stanniol bedeckten Stellen blau; es ist also hier, wo die Sonnenstrahlen frei wirken konnten, Stärke entstanden, an den bedeckten Stellen aber nicht.

### c) Der Stoffwechsel.

Wenn auch die Stärke nicht der erste in der Assimilationszelle entstehende Körper ist, so kann man sie doch als die Grundlage fast aller anderen Pflanzenstoffe ansehen. Diese gehen also aus Stärke, oft unter Mitbenutzung anderer Stoffe hervor. Das sind in erster Linie die anderen Kohlehydrate wie Zucker und Cellulose. Da sie dieselbe oder doch ähnliche chemische Zusammensetzung haben wieStärke, so ist ihre Entstehung aus dieser leicht denkbar. Aber auch für die zweite wichtige Gruppe von Pflanzenstoffen, die Fette, ist ein derartiger Zusammenhang erweisbar, und ebenso auch für die Eiweißstoffe. Diese drei Stoffgruppen genügen vollständig zum Aufbau aller Pflanzenorgane, wie ihr Vorhandensein in Reservestoffbehältern beweist. Die in den Assimilationsstätten entstandenen Stoffe wandern in die Teile des Pflanzenkörpers, wo Neubildung stattfindet, also vor allem nach den Vegetationspunkten und zur werdenden Frucht, wo alles, was gebildet ist, verbraucht wird. Allein mit der steigenden Jahreszeit nehmen die Neubildungen ab, und es muß daher, da die Assimilationsthätigkeit noch andauert, Stoff entstehen, der nicht sofort verbraucht wird und der sich daher in allerhand Reservestoffbehältern ansammelt.

Die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherten Baustoffe befinden sich in einem ruhenden, passiven Zustand und sind oft im Zellsaft unlöslich; sollen sie Verwendung

pflanzen beobachten. Die Pflanzen nehmen also Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff aus.

Aus vielfachen Versuchen geht ferner hervor, daß dies nur die grünen Pflanzen vermögen, nicht aber die Parasiten (z. B. Pilze). Das Blattgrün muß demnach die eigentliche Stätte der Assimilation sein. Aber mit dem Blattgrün allein ist es nicht gethan; es kommt noch ein mächtiger Faktor hinzu, um die Assimilation zu ermöglichen: das ist das Licht. Zahlreiche Beobachtungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das Licht einen großen Einfluß auf die Assimilation ausübt, ja daß durch andauernde Lichtentziehung Krankheit und Tod der Pflanze hervorgerufen werden können. Das Licht hat Einfluß sowohl auf die Bildung als auch auf die Thätigkeit des Chlorophylls. Wenn man Pflanzen im Keller wachsen läßt, so bleiben sie bleich und bilden lange, dünne Triebe; sie werden geil, wie man sagt.

Die weitere hochwichtige Frage ist nun, wie denn im Innern der Zelle die Assimilation vor sich geht. — Wir sind darüber durchaus noch nicht völlig aufgeklärt, wissen aber, daß dieser Vorgang in einer Zersetzung von Kohlensäure und Wasser besteht, wobei eben Sauerstoff ausgeschieden wird. Die andere Frage, was denn nun dabei entsteht, ist ungleich schwieriger zu beantworten. Nur so viel wissen wir, daß eines der ersten Assimilationsprodukte Stärke ist, was man mikroskopisch feststellen kann: man sieht in den Blattgrünkörnern kleinere Stärkemehlkörnchen auftauchen. Aber auch durch einen andern einfachen Versuch läßt es sich erkennen. Durch Jodlösung wird Stärke blaugefärbt. Wenn man nun ein noch am Stengel befindliches Blatt zum Teil mit Stanniol bedeckt und es nach einigen Stunden vom Stengel trennt und in kochendes Wasser und dann in heißen Alkohol bringt,

so lösen diese beiden Flüssigkeiten viele Stoffe, besonders das Blattgrün, in dem Blatte auf, so daß es bleich wird. Legt man das Blatt nunmehr in Jodlösung, so wird es an den nicht vom Stanniol bedeckten Stellen blau; es ist also hier, wo die Sonnenstrahlen frei wirken konnten, Stärke entstanden, an den bedeckten Stellen aber nicht.

### c) Der Stoffwechsel.

Wenn auch die Stärke nicht der erste in der Assimilationszelle entstehende Körper ist, so kann man sie doch als die Grundlage fast aller anderen Pflanzenstoffe ansehen. Diese gehen also aus Stärke, oft unter Mitbenutzung anderer Stoffe hervor. Das sind in erster Linie die anderen Kohlehydrate wie Zucker und Cellulose. Da sie dieselbe oder doch ähnliche chemische Zusammensetzung haben wieStärke, so ist ihre Entstehung aus dieser leicht denkbar. Aber auch für die zweite wichtige Gruppe von Pflanzenstoffen, die Fette, ist ein derartiger Zusammenhang erweisbar, und ebenso auch für die Eiweißstoffe. Diese drei Stoffgruppen genügen vollständig zum Aufbau aller Pflanzenorgane, wie ihr Vorhandensein in Reservestoffbehältern beweist. Die in den Assimilationsstätten entstandenen Stoffe wandern in die Teile des Pflanzenkörpers, wo Neubildung stattfindet, also vor allem nach den Vegetationspunkten und zur werdenden Frucht, wo alles, was gebildet ist, verbraucht wird. Allein mit der steigenden Jahreszeit nehmen die Neubildungen ab, und es muß daher, da die Assimilationsthätigkeit noch andauert, Stoff entstehen, der nicht sofort verbraucht wird und der sich daher in allerhand Reservestoffbehältern ansammelt.

Die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherten *Baustoffe* befinden sich in einem ruhenden, passiven Zustand *und sind oft* im Zellsaft unlöslich; sollen sie Verwendung als

Baumaterial finden und zu den Baustätten wandern, so müssen sie in einen anderen, aktiven Zustand übergeführt werden. Dies geschieht durch sogenannte Enzyme, Stoffe, die trotz ihrer kleinen Menge große Massen von Reservestoffen umwandeln können, so z. B. die bekannte Diastase, das Enzym, welches in der keimenden Gerste die Stärke in Zucker umwandelt; zu den Eiweiß lösenden Enzymen müssen z. B. auch die Stoffe gehören, welche bei den insektenfressenden Pflanzen die „Verdauung" der organischen Nahrung bewirken.

Was die Leitungsbahnen für diese Baustoffe anbelangt, so wandern die Eiweißstoffe in den Siebröhrenteilen, die anderen im Parenchym. Die Kraft, welche diese Wanderung veranlaßt, ist offenbar in dem Wachstum an den Neubildungsstätten zu suchen. Es findet dort ein starker Verbrauch an Stoffen statt, so daß die noch vorhandenen Stoffe angezogen werden.

Die zuletzt erörterten wichtigen Vorgänge lassen sich unter dem Begriff des Stoffwechsels zusammenfassen, der die Grundlage des gesamten Pflanzenlebens bildet.

Es sei hier noch einmal kurz darauf hingewiesen, daß nicht alle Pflanzen die eben beschriebene regelrechte Assimilation zeigen; denn letztere ist ja an das Blattgrün gebunden, und dieses fehlt manchen Pflanzen. Es sind das die weitverbreiteten Gruppen der Fäulnisbewohner (Saprophiten) und Schmarotzer (Parasiten), sowie z. T. der insektenfressenden Pflanzen, bei denen übrigens doch noch Assimilation stattfindet, so daß die andere Ernährungsweise nur eine Aushilfe ist. Diese zweite Art der Ernährung besteht darin, daß die Pflanze ihren Bedarf an Kohlenstoff *und Stickstoff nicht* in Gestalt von Kohlensäure und Salzen *deckt, sondern* durch Aufnahme von organischen Stoffen aus

ihrer Umgebung, seien es nun tote, in Fäulnis übergehende oder lebende Wesen.

### d) Die Atmung.

Mit den vorstehenden Erörterungen ist der Ernährungsvorgang noch nicht erschöpft. Es ist zur Erhaltung der allgemeinen Lebensbewegung in der Pflanze noch eine gewisse Anregung nötig und diese geht von einem Vorgang aus, welcher bei der Pflanze zwar nicht die Ausdehnung wie beim Tiere annimmt, aber doch auch bei ihr nicht fehlen darf. Das ist die Atmung. Man versteht darunter die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure, d. h. also einen der Assimilation gerade entgegengesetzten Vorgang. Während diese ein sogenannter Reduktionsprozeß ist, bei dem Sauerstoff frei wird, ist jener eine Verbrennung oder Oxydation. Der von außen aufgenommene Sauerstoff verbrennt in dem Gewebe der Pflanze einen Teil des organischen Stoffes, wobei Kohlensäure entsteht, welche die Pflanze gleich dem Tier ausatmet.

Die Bedeutung dieses Vorgangs ist einleuchtend: die Verbrennung ist stets mit einer Stoffverminderung verbunden; dadurch aber wird das innere chemische Gleichgewicht der Pflanze gestört, und weil sie bestrebt ist, es wieder herzustellen, ist dies eine Anregung zur Neubildung organischen Stoffes und daher ein wichtiger Faktor für die Lebensbewegung der Pflanze. Ohne die Atmung findet ein Stillstand im Stoffwechsel statt, der allgemach tötlich wirken kann.

Da Atmung und Assimilation entgegengesetzte Vorgänge sind, so liegt auf der Hand, daß ihre Bedingungen auch nicht die gleichen zu sein brauchen. Thatsächlich findet daher auch *die Atmung* vor allem bei Lichtabschluß statt; allein es ist

doch nicht so, daß sie an Dunkelheit der Umgebung gebunden wäre, vielmehr findet sie auch im Lichte statt. Die Assimilation bei Tage und im Licht ist aber so bedeutend, daß viel mehr Neubildung stattfindet als Verbrennung, so daß also bei Tag die Assimilation die Atmung überwiegt. Dagegen werden Gewebe, welche kein Blattgrün enthalten, also Blüten und Knospen und keimende Samen, lediglich atmen. Selbstverständlich wird die Atmung bei Schmarotzern u. s. w. ganz besonders deutlich zu beobachten sein; denn sie entsprechen ja physiologisch vollständig den Tieren.

Jede Verbrennung ist, wie die tägliche Erfahrung lehrt, mit einer Wärmeentwicklung verbunden. Auch bei der Verbrennung der organischen Stoffe wird Wärme frei, wie sich dies beim Tiere zeigt. Dagegen macht es sich bei der Pflanze weniger bemerkbar; die Atmung ist ja hier zumeist von der Assimilation verdeckt; ferner teilt sich die entstehende Wärme schnell den großen Wassermassen in den Geweben mit und endlich bietet die große Flächenausdehnung am Pflanzenkörper viel Gelegenheit zur Wärmeausstrahlung. Nichts destoweniger läßt sich an stark atmenden Pflanzenteilen eine Selbsterwärmung durch geeignete Vorkehrungen feststellen, besonders bei keimenden Samen und sich öffnenden Blütenknospen. Ist der Grad der Wärmeentwicklung auch gering, so beobachtete man doch z. B. bei den Blütenkolben des italienischen Aronsstabes eine Selbsterwärmung bis zu 40, ja 44° Celsius, einer Temperatur, welche die des menschlichen Blutes noch übertrifft. Hierin gehört auch die wunderbare Erscheinung, daß am Rand der Firnfelder manche Alpenpflanzen (z. B. Soldanellen) ihre Blüten durch den Schnee bohren, indem die in den Blütenknospen sich entwickelnde Wärme den Schnee zum Schmelzen bringt.

Schließlich sei noch angeführt, daß auch das Leuchten mancher Pilzgewebe auf Rechnung der Atmung zu setzen ist (Phosphorescenz). An Stelle der Wärmeentwicklung tritt hier die Entwicklung von Licht. Beim sogenannten leuchtenden Holz leuchtet nicht das Holz, sondern das Pilzgewebe, von dem das Holz durchwuchert ist.

## 2. Das Wachstum.

Die nächste Folge der Ernährung ist das Wachstum; denn die durch die überwiegende Assimilation erzeugte Menge von Baustoffen ersetzt nicht nur die in der Atmung verbrannten Teile des Pflanzenkörpers, sondern es wird noch eine ganze Menge erübrigt, welche nun besonders in der Höhe der Vegetationsperiode zur Bildung neuer Pflanzensubstanz verwendet wird, wodurch eine Vergrößerung und Gestaltveränderung der Pflanze, d. h. deren Wachstum, bewirkt wird.

Man kann jedoch nicht jede Vergrößerung des Pflanzenkörpers als Wachstum bezeichnen; vielmehr ist nötig, daß die Vergrößerung eine bleibende ist. Wenn manche getrocknete Pflanzen (Algen) in Wasser gelegt werden, so quellen sie auf; dies ist aber kein Wachstum. Denn wenn das Wasser wieder verdunstet, so schrumpft der Körper gleich einem Schwamm wieder auf seine frühere Gestalt und Größe zusammen.

Die wichtigste Bedingung des Wachstums ist natürlich die Ernährung; ferner ist es abhängig von Licht und Wärme, sowie von der Schwerkraft und anderen mechanischen Kräften. Das Wachstum geht aus von den sogenannten Vegetationskegeln, wo die neuen Organe angelegt werden. Nachdem die letzteren eine Zeitlang im embryonalen Zustand verharrt haben, strecken sie sich, um ihre endgültige Gestalt und Größe zu erreichen, und dann beginnt in ihnen die innere Ausbildung

Diese Vorgänge wiederholen sich an den fortwachsenden Achsen beständig, bis ihnen die Unterbrechung der Vegetationsperiode ein Ziel setzt. Die embryonale Wachstumsstufe zeichnet sich aus durch andauernde neue Zellbildung mittelst Teilung der Zellen am Vegetationskörper; die zweite Stufe der Streckung hingegen zeigt vor allem ein Längenwachstum vorhandener Zellen, und auf der dritten Stufe erfahren sie, wie gesagt, ihre weitere innere Ausbildung (Dickenwachstum u. dergl.). Daß diese Stufen an dem fortwachsenden Stengel ganz allmählich ineinander übergehen, ist selbstverständlich.

In der größten Zahl der Fälle ist das Wachstum eng mit Zellteilung verbunden; dabei ist es natürlich sehr von der Richtung der Zellteilungen abhängig: erfolgen diese immer nur in einer Richtung, so ist das Ergebnis ein fadenförmiges Organ, wenn in zwei Richtungen, so entsteht eine Fläche, und endlich wenn in drei Richtungen, ein Körper. Alle Fälle finden wir, wie schon oben gesagt, sowohl an ganzen Pflanzen (Algen, Pilze) als auch an einzelnen Organen; bei den höheren Pflanzen überwiegt körperliches Wachstum. Daß die Zellteilungen am Vegetationspunkt nach bestimmten Gesetzen erfolgen, ist selbstverständlich. Ihre Erörterung würde uns aber zu weit führen. Was wir noch zu besprechen haben, ist die Einwirkung der äußeren und inneren Kräfte auf die Gestaltung der wachsenden Pflanze.

Es ist auch hierbei vor allem festzuhalten, daß es neben den äußeren Kräften, wie Schwere, Licht und Wärme, noch innere, uns unbekannte Kräfte giebt, welche bei den Wachstumsvorgängen mitwirken. Jene äußeren Kräfte wirken ja auf alle Pflanzen in gleicher Weise ein; trotzdem aber sind *die Wirkungen so ganz* verschieden; das muß also an der *besonderen Eigenart* der verschiedenen Pflanzen liegen. Zunächst

ist es daher auch die innere Natur der Pflanze, welche bewirkt, daß die Wurzeln an dem abwärts gerichteten, die Sprosse an dem aufwärts gerichteten Teil der Pflanze entstehen. Andererseits wird aber dasselbe Ergebnis durch zwei andere Kräfte erreicht: die Schwere bewirkt, daß die Stoffe, aus denen die Wurzeln entstehen, nach unten wandern, die dagegen, welche Sprosse und Blätter erzeugen, aufwärts steigen, ferner weiß man, daß auch das Licht in demselben Sinne wirkt, weil Wurzeln auf der dem Licht abgekehrten, Sprosse und Blätter auf der ihm zugewandten Seite entstehen. Wenn eine Pflanze über den Boden hinkriecht, wie sich das namentlich bei niederen Pflanzen (Moosen) zeigt, so entstehen die Wurzeln an der Bauchseite, die Blätter an der Rückenseite. Wenn auch Schwere und Licht diese Wirkung haben, wie sich an geeigneten Versuchen zeigen läßt, so sind also die dabei auftretenden Verschiedenheiten doch in letzter Linie auf innere Ursachen zurückzuführen, in deren Kenntnis wir noch sehr zurück sind.

Wir haben schon einer Wirkung der Schwerkraft auf die wachsenden Organe der Pflanze, die nicht mehr im embryonalen Zustand zu sein brauchen, gedacht: Die Wurzel wächst in der Richtung der Schwere, sie ist positiv geotropisch, der Stengel dagegen wächst in entgegengesetzter Richtung, er ist negativ geotropisch. Wird ein in Streckung begriffener Sproß wagerecht gelegt, so krümmt er sich nach oben (wenn seine Zellen verholzt sind, ist dies natürlich nicht mehr möglich). Da sich dann zu gleicher Zeit auch eine Wasseranhäufung in den Zellen der Sproßuntenseite (der konvexen Seite) nachweisen läßt, so hat man dies mit der Krümmung in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Bemerkenswert ist es, wie die Knoten der Grashalme noch lange ihren Geotro-

pismus behalten. Wird ein ausgewachsener Grashalm wagerecht umgelegt, so beginnt er sich am Knoten zu krümmen, indem die der Unterlage zugekehrte Seite sich verlängert, die Oberseite sich verkürzt, wodurch es dem liegenden Grase ermöglicht ist, sich wieder zu erheben. — Für diesen ursächlichen Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Wachstum liefert folgender Versuch einen schönen Beweis: läßt man Samen auf der sich schnell drehenden Scheibe einer Zentrifugalmaschine keimen, so wachsen die Wurzeln wagerecht nach außen, die Sprosse wagerecht nach innen.

Die Wirkung des Lichts auf die sich streckenden Pflanzenteile erkennt man deutlich aus dem schon berührten Versuch, Pflanzen im Dunkeln wachsen zu lassen: die Sproßachsen werden sehr lang, bleiben aber dünn, die Blätter dagegen, wenigstens ihre Spreiten, werden bedeutend kleiner und die Ausbildung des Blattgrüns unterbleibt. Man bezeichnet diese abnorme Wachstumserscheinung als „Etiolement"; das Licht hemmt also und Lichtausschluß fördert das Längenwachstum. Aehnliches zeigen einseitig beleuchtete Sprosse; indem die dem Licht abgekehrte Seite stärker, die andere schwächer in die Länge wächst, macht das betreffende Organ eine Krümmung nach dem Licht hin, was man als positiven Heliotropismus bezeichnet. Es giebt aber auch einen negativen; manche Ranken z. B. krümmen sich nach der weniger beleuchteten Seite (Wein).

Daß auch die Wärme auf das Wachsen der Pflanzen Einfluß hat, läßt sich denken: unter einer für jede Pflanze eigenen Temperaturgrenze hört das Wachstum auf, wie allein schon das Verhalten der Pflanzenwelt bei Eintritt der kälteren *Jahreszeit zeigt;* von dieser Grenze an steigt die Energie *des Wachstums* bis zu einem Höhepunkt und nimmt dann

wieder ab bis zu einer oberen Temperaturgrenze, über die hinaus die Pflanze nicht mehr wächst (Minimum, Optimum, Maximum der Wachstumsenergie).

Die durch Wachstum hervorgerufenen Aenderungen bewirken mit zwei anderen Erscheinungen, nämlich Turgor und Imbibition, das, was man als Gewebespannung bezeichnet. Wenn eine Zelle viel Wasser aufgenommen hat, so drückt dasselbe auf die Membran und spannt sie an; dies nennt man Turgor. Wir haben oben schon erwähnt, daß diese Spannung die Sproßachse mechanisch kräftigt. Einen starken Turgor zeigt das Mark, auch die inneren Gewebe den äußeren gegenüber; legt man z. B. einen gespaltenen Blütenschaft vom Löwenzahn in Wasser, so krümmt er sich stark, weil die Innenfläche durch Turgor sich verlängert. — Die Imbibition ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der Zellhaut; man versteht darunter die Fähigkeit zwischen die Moleküle der Membran Wassermoleküle einzulagern, wodurch dieselbe aufquillt. Dies geschieht oft mit außerordentlicher Gewalt; man denke daran, welche Gewalt der quellende Same hat, ebenso ein trockenes Stück Holz, das man mit Wasser tränkt.

Die Längsspannung des Markes einerseits, der Rinde und des Holzes andererseits ist verschieden. Das Mark ist bestrebt, sich auszudehnen, Holz und Rinde sich zusammenzuziehen. Beides gleicht sich aus. Die Längsspannung nimmt mit dem Alter der Internodien zu und dann wieder ab. Als Ursache der Längsspannung ist wohl anzusehen, daß das Mark schneller wächst als Rinde und Holz und daß es wegen schneller Wasseraufnahme einen stärkeren Turgor zeigt. Daneben giebt es nun auch eine Querspannung. Löst man die Rinde vom Holz, so läßt sie sich nicht mehr voll-

ständig um das Holz legen. Dieses hat also das Bestreben, sich auszudehnen, wird aber durch die entgegengesetzte Spannung der Rinde darin gehemmt. Es liegt auf der Hand, daß hierbei das Dickenwachstum sowie Turgor und Imbibition eine Rolle spielen. Es könnte doch merkwürdig erscheinen, daß die zarten Kambiumzellen nicht von dem Druck von innen und außen beeinflußt werden. Der Grund ist sicherlich der starke in den Kambiumzellen herrschende Turgor.

### 3. Die Reizbewegungen.

Das Leben besteht in einer Wechselwirkung des Organismus mit der Außenwelt. Die Außenwelt wirkt in gewissen Reizen auf den Organismus ein und dieser antwortet darauf in bestimmter Weise. Diese Antwort besteht gewöhnlich in einer Bewegung. Natürlich ist nun aber nicht jede Bewegung eine Reizbewegung. Wenn man manche tote Pflanzen, z. B. Algen, Flechten oder die bekannte Rose von Jericho in Wasser legt, so erfahren sie durch Aufnahme von Wasser eine Volumenänderung und vollführen dadurch eine Bewegung. Dies ist rein physikalisch zu erklären, also auch keine Reizbewegung, sondern eine mechanische Bewegung. Dagegen sahen wir, daß an einem Keimpflänzchen Schwerkraft, Licht und auch wohl Feuchtigkeit einen derartigen Reiz ausüben, daß die Wurzel nach unten, der Stengel nach oben wächst. Diese verschiedenartige Antwort auf einen und denselben Reiz läßt sich nur derart erklären, daß das Leben hier eine besondere Rolle spielt; unsere physikalischen Gesetze lassen uns dabei durchaus im Stich. Es ist daher ein Unding zu behaupten, daß die Lebenserscheinungen sich mechanisch erklären lassen, und wenn man auch von dem Begriff der „Lebenskraft", d. h. einer besonderen im Organismus wirkenden Kraft abgehen zu müssen

glaubte, so ist man dadurch der Erklärung der Lebenserscheinungen auch nicht um einen Zoll näher gekommen. Ja ein neuerer Forscher, Kerner, erklärt, er nehme keinen Anstand, „jene mit keiner andern zu identifizierende Naturkraft, deren eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen."

Als den Träger des Lebens betrachten wir das Protoplasma; thatsächlich gehen auch alle Reizbewegungen entweder mittelbar oder selbst unmittelbar von ihm aus. Tote, d. h. protoplasmalose Zellen antworten nicht auf einen Reiz und das Protoplasma als solches zeigt auch Reizbewegungen, wie man an niedrigen Algen und Pilzen, an Schwärmsporen, ja auch an der lebenden Zelle höherer Pflanzen beobachtet.

Wir weisen hier auf das zurück, was wir von Geotropismus und Heliotropismus gesagt haben; denn die darauf beruhenden Erscheinungen sind Reizbewegungen. Nur weniges sei hier noch hinzugefügt. Läßt man eine Bohne auf Quecksilber keimen, so wächst die Wurzel in dieses hinein; so stark ist also der Reiz und die Kraft des Protoplasmas, daß die Wurzel den starken Widerstand des Quecksilbers überwindet.

Es giebt sogenannte Ampelpflanzen und manche Mauerpflanzen (z. B. Mauer-Leinkraut), welche zu schwach sind, sich aufrecht zu erhalten; ihre Sproßachse folgt daher nicht dem Reiz der sie sonst aufrichtenden Schwerkraft, sondern sie wachsen der Erde zu. Wenn dagegen eine mit Windungsfähigkeit begabte Pflanze (Bohne) gezwungen wird, abwärts zu wachsen, so krümmen sich die noch in Streckung befindlichen Teile nach oben. Zu gleicher Zeit zeigt sich aber auch eine heliotropische Erscheinung; denn die Blätter wenden sich nach oben und kehren ihre Oberseite dem Licht zu. Das wird ihnen durch *ein Schwellpolster* an der Basis des Blattstiels ermöglicht.

Daß die Blätter unter dem Einfluß des Heliotropismus eine bestimmte Stellung einnehmen, ist schon erwähnt worden; sie wenden ihre Assimilationsfläche (Oberseite) möglichst dem Lichte zu. Andererseits suchen sie sich auch oft durch ihre Stellung vor zu starker Bestrahlung durch die Sonne zu schützen. An jedem Baum und Strauch (z. B. Hasel) läßt sich leicht sehen, daß die wagerecht wachsenden Zweige sowohl als die senkrechten wagerecht gestellte Blätter besitzen. An Mauerpflanzen zeigt sich oft sehr schön, wie sich die Blätter, ein sog. Blattmosaik bildend, neben einander legen und sich gegenseitig Platz machen, ohne sich zu hindern (Glaskraut Fig. 23).

Eine weitere Gruppe von Reizbewegungen sind die Nutationsbewegungen, d. h. Krümmungen, welche sich

Fig. 50.
Colchicum autumnale, Herbstzeitlose, offene Blüte (am Tage).

Fig. 51.
Dasselbe, geschlossene Blüte (bei Nacht).

auf ungleiches Wachstum von Ober- und Unterseite zurück*führen lassen und* bei Ranken und windenden Stengeln vor*kommen. Hier hört* die Bewegungsfähigkeit mit Beendigung

des Wachstums auf. Aehnlich ist es, doch mit periodischer Wiederholung, wenn eine Blattseite sich infolge stärkeren Wachstums bei Tag bezw. Nacht hebt: die Blätter vom Flachs heben sich in der Nacht, weil dann die Unterseite stärker wächst, beim Windenknöterich senken sie sich, weil die Oberseite nachts stärker wächst. Aehnliches zeigen viele Blüten, die sich tags öffnen, nachts schließen oder umgekehrt (Herbstzeitlose Fig. 50 und 51). Diese Erscheinung tritt oft auch schon bei Schwankungen in der Beleuchtung ein (Tulpe).

Im Gegensatz zu den Nutationsbewegungen hören die Variationsbewegungen mit der Streckung des Organs nicht auf, sondern erfolgen auf einen gewissen Reiz hin von neuem. Dahin gehört die Bewegung der Sinnpflanze (Mimosa

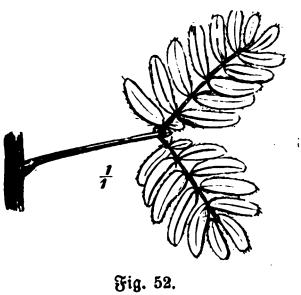


Fig. 52. Mimosa pudica, Sinnpflanze, geöffnetes Blatt (in Ruhe).

Fig. 53. Dieselbe, geschlossenes und gesenktes Blatt (nach Erschütterung).

pudica), deren Fiederblättchen und Blätter sich bei Erschütterung senken (Fig. 52 und 53); ähnlich bewegen sich bei Berührung manche Staubgefäße (Kompositen z. B. Kornblume). Die Bewegung beruht hier überall darauf, daß aus einem dann *stets vorhandenen* starken Parenchymgewebe (Schwellpolster) das

Waſſer in Intercellularräume tritt. — Dieſe Variationsbewegungen ſind auch oft die Antwort auf einen Licht- oder Temperaturreiz; ſo legen ſich die Blätter der Sinnpflanze auch im Dunkeln zuſammen, ähnlich die Blätter des Sauerklees und vieler Leguminoſen (Klee, Wicke). Man nennt dies dann bezeichnend Schlafbewegung (Tag- und Nachtſtellung) und führt dieſelbe auf die durch Turgor hervorgerufene Gewebeſpannung in den Zellen eines Schwellpolſters zurück.

Zum Schluß ſei noch bemerkt, daß die hier erörterten Reizbewegungen eine Störung dadurch erleiden können, daß die Reize von außen zu ſtark ſind. Das überreizte Organ verliert dann zeitweilig ſeine Beweglichkeit und befindet ſich im Zuſtand der Starre. Die Ausdrücke Kälteſtarre, Wärmeſtarre, Dunkelſtarre, Trockenſtarre ſind darnach wohl von ſelbſt verſtändlich.

## 4. Die Fortpflanzung.

### a) Die Arten der Fortpflanzung.

Die bisher beſprochenenen Verrichtungen bezwecken in erſter Linie die Erhaltung des Einzelweſens. Damit iſt aber der Endzweck des Lebens noch nicht erfüllt: jedes Lebeweſen hat auch noch für die Erhaltung der Art zu ſorgen, da ja ſonſt mit dem Tod der eben die Erde bevölkernden Organismen alles Leben von ihr verſchwinden würde. Es iſt alſo ein für den Geſamthaushalt der Natur überaus wichtiges Kapitel des Pflanzenlebens, das wir zum Schluß noch zu behandeln haben.

Wir haben zunächſt eine Reihe von Erſcheinungen in Betracht zu ziehen, welche nicht ſowohl der eigentlichen Fortpflanzung als vielmehr der Vermehrung angehören. Die *Pflanzen haben* nämlich vor den Tieren ein Vermögen voraus, *das für ſie ſehr* wichtig wird. Wenn man will, iſt die Fort-

pflanzung bei den Pflanzen viel mehr als bei den Tieren einem gewissen Zufall unterworfen; es ist daher für sie von Bedeutung, daß sie Ersatzmittel besitzen. Das Tier hat einen viel einheitlicheren Körper als die Pflanze; die Organe sind bei ihm viel mehr von einem Grundgedanken beherrscht und werden von einem Zentralorgan, dem Nervensystem, regiert; die Pflanze hingegen bewahrt ihren Organen eine viel größere Selbständigkeit und diese äußert sich vor allem darin, daß sich Teile der Pflanze loslösen und neue Pflanzen bilden können (vegetative Vermehrung). Jeder weiß, daß man durch Ableger, Absenker usw. eine Pflanze vermehren kann; wenn man einen Sproß von der Pflanze loslöst und in die Erde bringt, kann er selbständig werden: sein unterer Teil erzeugt Wurzeln und dadurch ist der Anfang einer neuen Pflanze gemacht. Manche Pflanzen, wie z. B. die Schiefblätter (Begonien), gehen darin so weit, daß ein Blattstück neue Pflanzen erzeugen kann.

Dem Prinzip nach gehört hierher auch die Vermehrung durch Ausläufer, Knollen, Zwiebeln, Brutknospen (s. oben). Hingegen ist das Kopulieren, Pfropfen und Okulieren im Grunde etwas anderes, weil es sich dabei nicht sowohl um eine Vermehrung, als vielmehr künstliche Veredlung einer Pflanze handelt. — Die vegetative Vermehrung der Pflanze tritt vielfach dann ein, wenn eine andere aus irgend welchen Gründen nicht möglich ist. Manche Pflanzen sind auf sie völlig angewiesen, besonders niedere Algen und Pilze (Teilung der Bakterien).

Die Fortpflanzung im engeren Sinne ist eine geschlechtliche, d. h. die neue Pflanze entsteht als Produkt der Vereinigung von zwei Zellen (Gameten). Dieselbe ist nun aber durchaus nicht im ganzen Pflanzenreich eine gleich-

artige, vielmehr zeigt sie mit der steigenden Ausbildung der Pflanzen auch eine Vervollkommnung. Es dient zum näheren Verständnis der Sache, wenn wir dieser Vervollkommnung zuerst kurz gedenken. Der allereinfachste Fall ist, daß die Pflanzen zwei gleiche Zellen bilden, deren Inhalt mit einander verschmilzt (manche Algen und Pilze). Ist dagegen ein Unterschied zwischen beiden Zellen zu beobachten, so trennt man sie als männlich und weiblich und bezeichnet den Vereinigungsvorgang als Befruchtung. Der auffallendste Unterschied zwischen beiden Zellen ist, daß die weibliche unbeweglich (Eizelle genannt), die männliche beweglich ist, doch fehlt es auch nicht an Beispielen, daß die männliche unbeweglich ist: so bei den die Kartoffelkrankheit erzeugenden Pilzen, sowie bei den Rotalgen (Florideen). Die Stufe der unbeweglichen Eizelle und beweglichen männlichen Zelle vertreten besonders Moose und Farne. Hier entsteht die Eizelle in einem einfachen, mehr oder weniger flaschenförmigen Gebilde, dem Archegonium, und die Spermatozoiden genannten männlichen Zellen in mehr keulenförmigen Antheridien. Die Spermatozoiden sind fadenförmige Zellen mit Geißeln oder Wimpern, welche sich auf einer feuchten Unterlage fortbewegen können. Da die Träger dieser Organe nun stets kleine Pflänzchen sind, so vermögen die Spermatozoiden auf diese Weise leicht zu den Archegonien zu gelangen. Das Ergebnis der Befruchtung ist in dem einfachsten oben genannten Falle eine Zelle, die man Zygospore nennt und welche zur neuen Pflanze auswachsen kann. Ist eine Eizelle vorhanden, die durch ein Spermatozoid befruchtet wird, so nennt man die entstehende Spore eine Oospore; dagegen ist bei den *Moosen das* Ergebnis der Befruchtung die Bildung eines Sporogoniums, *das* heißt einer Mooskapsel, in der die Sporen

entstehen. Unter Sporen versteht man die einzelligen Fortpflanzungskörperchen, aus denen durch Keimung ein neues Individuum entsteht. Bei den Farnen endlich bildet sich aus der auf einem Vorkeime befindlichen befruchteten Eizelle das junge Farnkraut, auf dessen Blättern viel später ungeschlechtlich die Sporen entstehen.

Was die höheren Pflanzen, die Samenpflanzen, anbetrifft, so haben wir deren Blütenverhältnisse schon genügend erörtert. Der Befruchtungsvorgang besteht hier in der Verschmelzung des Pollenkorninhalts mit der Eizelle der Samenknospe; damit aber dies eintreten kann, muß das Pollenkorn auf die Narbe gelangen: diesen Vorgang nennt man Bestäubung.

### b) Die Bestäubung.

Der Blütenstaub ist eine unbewegliche, männliche Gamete. Um zur Narbe zu gelangen, bedarf er meist eines besonderen Fuhrwerks. Bei Zwitterblüten sollte man meinen, könnte leicht der Blütenstaub auf die Narbe derselben Blüte gelangen; allein eine derartige Selbstbestäubung tritt verhältnismäßig selten ein; Fremdbestäubung wird bevorzugt, da sie kräftigere Nachkommenschaft sichert. Sind Staub- und Fruchtblätter auf verschiedene Blüten oder gar Pflanzen verteilt, so muß die Fremdbestäubung natürlich Gesetz sein.

Eine außerordentliche Fülle verschiedenartiger Vorrichtungen sichert bei Zwitterblüten die Fremdbestäubung. Wir erwähnen kurz folgende Fälle. Oft werden Staub- und Fruchtblätter zu verschiedenen Zeiten reif, so daß die Narbe noch nicht bestäubungsfähig ist, wenn der Pollen die Antheren verläßt. Man nennt dies Dichogamie (Aristolochia, Wegerich, Ruta u. a.). Oft stehen Staub- und Fruchtblätter derart, daß ein direkter Verkehr zwischen beiden völlig ausgeschlossen

erscheint, oder sie sind in ihrer Länge so verschieden, daß zur Bestäubung fremde Hilfe nötig ist.

Uebrigens ist die Fremdbestäubung doch nicht so unbedingtes Gesetz, wie man eine Zeit lang dachte; vielmehr weiß man, daß in manchen Fällen Selbstbestäubung eintritt, ja daß diese oft durch besondere Vorkehrungen ermöglicht wird, wenn die Blüte vergebens auf Fremdbestäubung gewartet hat.

Welcher Fuhrwerke bedient sich nun die Pflanze zum Transport des Blütenstaubs? Des Windes und der Tiere. Wenn der Pollen sehr leicht und in großen Massen vorhanden ist, genügt ein Windstoß, um eine Wolke desselben den Fruchtblattblüten zuzuführen. Derartige Windblütler sind namentlich unsere monöcischen und diöcischen Holzpflanzen (Eiche, Buche, Hasel u. s. w. einerseits, Pappeln andererseits). Verbreiteter sind die Tierblütler. Besonders Insekten, (seltener Vögel in den Tropen) leisten der Pflanze den Botendienst.

Wir haben schon gesehen, daß die Insekten in der Blüte Honig und Blütenstaub suchen und daß sie dadurch, sowie durch bunte Farben und angenehmen Geruch angelockt werden. Hier wollen wir nur noch eines Umstandes gedenken. Honig ist ein vielbegehrter Artikel in der Insektenwelt. Aber nicht jedes Insekt würde die Uebertragung des Blütenstaubs erfolgreich bewirken können; daher muß die Pflanze ihren süßen Schatz vor Dieben und unberufenen Gästen schützen. Dies geschieht oft durch die Beschaffenheit der Blumenkrone, die für gewöhnlich geschlossen ist; so hat z. B. das Löwenmaul eine fallthürartige Einrichtung; oder, und das ist von besonderer Bedeutung, die Blüte ist so gebaut, daß nur bestimmte *Insekten* sie bestäuben können, weil Länge der Teile und die *Stellungsverhältnisse* derart sind, daß nur ein bestimmter

Rüssel zum Honig gelangen kann. Hierbei ist dann stets dafür gesorgt, daß der Blütenstaub sich an einer Körperstelle des Insekts ablagert, welche nachher die Narbe einer anderen Blüte streifen wird. Die Mannigfaltigkeit der Fälle ist fast so groß wie die Mannigfaltigkeit der Blütenformen. Hier können wir nur weniges andeuten, um zu eigner Beobachtung in diesem außerordentlich interessanten Gebiete anzuregen.

Die Pollenträger von Pflanze zu Pflanze sind besonders Schmetterlinge, Bienen und Hummeln. Ist die Blüte auf Schmetterlinge angewiesen, so hat sie, da diese sehr lange Rüssel haben, eine dementsprechend lange Blumenkronenröhre, aus welcher Staubgefäße und Stempel lang hervorragen, z. B. Geisblatt. Obendrein haben sie, da es sich hierbei meist um Nacht- oder Dämmerungsfalter handelt, eine hellleuchtende Farbe und nur abends und nachts eintretenden Geruch.

Ein der Beobachtung eines jeden zugängliches Beispiel bietet das Veilchen. Hier hat der Stempel einen nach unten verdünnten und umgebogenen Griffel (Fig. 35, a) und die Staubgefäße (Fig. 33, f) besitzen einen Honig absondernden Sporn sowie an der Spitze ein Anhängsel: alle fünf stehen um den Griffel herum und die Anhängsel schließen so zusammen, daß sie am Griffel einen Hohlraum bilden. Die Blüte hängt an langem Stiel nach unten und der trockene Blütenstaub fällt bei der Reife in jenen Hohlraum. Hängt sich nun eine Biene an die Veilchenblüte, so muß sie, um zum Honig zu gelangen, den Griffel zurückbiegen, was vermöge der Verdünnung und Umbiegung leicht geht; dabei fällt dann aber der Pollen auf ihren Kopf und wird an der Narbe der nächsten von ihr besuchten Blüte abgestreift.

Ein bemerkenswertes Beispiel zeigen auch die Figuren 54—56, nämlich das einer Schmetterlingsblüte. Von den

fünf Blumenblättern steht eines hoch aufgerichtet, die Fahne; sie lockt die Insekten von weitem an. Zur Seite stehen zwei

Fig. 54.
Genista tinctoria, Färberginster, Schmetterlingsblüte, zur Bestäubung bereit. k Kelch, f Fahne, fl Flügel, s Schiffchen.

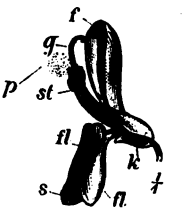



Fig. 55.
Dieselbe, Blüte nach der Bestäubung, Flügel und Schiffchen sind heruntergeklappt, Staubgefäße st und Griffel g nach oben gerichtet, p Pollenwolke, die dabei entlassen wurde.

Flügel und zwischen diesen zwei fast verwachsene Blätter, die das Schiffchen bilden (Fig. 56, s). Die Flügel haben auf beiden Seiten einen Höcker und in diesen ragt von innen ein Höcker des Schiffchens (Fig. 56), so daß die vier Blätter eng in einander greifen. Da sie sich aber in dieser Lage in Spannung befinden, so verlassen dieselben sie leicht, wenn auf eine Vorwölbung des Flügels gedrückt wird, und schnellen nach unten. In dem Schiffchen liegen die 10 Staubgefäße, deren Staubfäden unten zu einer Röhre verwachsen sind (Fig. 33, i), sowie der federig gespannte Griffel (Fig. 38, h). Die An-

Fig. 56.
Dieselbe, Teile der Schmetterlingsblüte. f Fahne, rfl rechter Flügel, s Schiffchen, hieran l linke Hälfte, r rechte Hälfte, h Höcker.

*theren öffnen sich früh* und lagern den Pollen in dem Schiffchen *ab. Wenn nun ein* Insekt auf die Flügel drückt, so fahren

dieſe ſamt dem Schiffchen nach unten und die Staubgefäße nach oben, ſo daß der Blütenſtaub in einer Wolke aus dem Schiffchen geſchleudert wird, wie das Fig. 55 darſtellt. Der Blütenſtaub wird dabei auf dem Unterleib des Inſekts abgelagert, und wenn dasſelbe dann eine andere Blüte mit emporſtehender Narbe beſucht, muß es notwendig den Pollen auf derſelben abſtreifen.

### c. Die Befruchtung.

Wenn der Pollen auf die Narbe gelangt iſt, ſendet er einen Schlauch durch den Griffel in den Fruchtknoten (Fig. 34); derſelbe ſucht hier die Eizelle und es findet mit ihr ein Austauſch der Plasmamaſſen ſtatt. Die Folge iſt eine energiſche Teilung der Eizelle, aus welcher ſchließlich in geſetzmäßiger Weiſe ein Zellkörper hervorgeht, der Keimling, welcher die oben beſchriebenen Teile, Samenlappen, Knöſpchen und Würzelchen zeigt.

Während in der Samenknoſpe dieſe Wachstumsvorgänge ſtattfinden, beginnt auch in der Fruchtknotenwand eine Aenderung: aus dem Fruchtknoten wird die Frucht oft mit Zuhilfenahme anderer Blütenteile, beſonders der Achſe (ſ. oben).

### d. Sorge der Pflanze für die Nachkommenſchaft.

Eigenliebe iſt nicht die alleinige Triebfeder des Naturlebens, wie ſo oft behauptet wird, es giebt vielmehr überall in der Natur Vorkommniſſe, die von einem Geſetz der Liebe und gegenſeitigen Hilfeleiſtung Zeugnis ablegen, und dahin gehört in erſter Linie die Vorſorge für die Nachkommenſchaft, die Brutpflege, wie man es nennen könnte.

Es erſcheint faſt widerſinnig, eine ſolche auch in der Pflanzenwelt zu ſuchen und doch findet ſie ſich hier oft ſehr *ausgeſprochen*. Wir haben davon ſchon oben geredet und es

mag daher genügen, hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß die Pflanze nicht nur ihrer Nachkommenschaft, dem Samen, für die Zeit, die bis zur Keimung verstreicht, Schutzmittel mitgiebt, sondern auch dafür sorgt, daß er an Stellen gelangt, die sich zur Keimung eignen.

Muß der Same bis zur Keimung eine längere Wartezeit durchmachen, so ist er durch lederartige, oft sogar steinharte Beschaffenheit des Fruchtgehäuses oder der Samenschale gegen die Unbilden der Witterung geschützt (Nuß, Kirschkern). Soll er den Verdauungskanal eines Tieres durchwandern, so ist es ähnlich (Johannisbeere, Blaubeere); s. oben.

Wie durch Flugvorrichtungen an Frucht und Samen oder durch Tiere die Samen an andere, der Keimung günstige Orte getragen werden, haben wir schon gesehen. Zum Teil sind die Tiere unfreiwillige Boten; dann heften sich die Früchte mittelst Haaren und Haken (Fig. 49) ihrem Felle an; oder die Tiere suchen die Früchte auf, weil sie ihnen ein Genußmittel bieten.

## Schlußwort.

Nun mir der Leser in freundlicher Geduld bis an den Schluß dieses Büchleins gefolgt ist, habe ich eine Frage und eine Bitte an ihn.

Die Frage lautet: was dünkt dich nach dem Gehörten vom Leben der Natur?

Ist's wahr, was dieser und jener sagt, daß es blinde *Gesetze sind, die mechanisch* walten im Stein, im Tier, in *der Pflanze und schließlich* auch in deinem Hirn, wenn du

über meine Frage nachſinnſt? Laß den ganzen Inhalt eines Pflanzenlebens an deinem Geiſte vorüberziehen: iſt es eine tote Maſchine, die aufgezogen iſt und dann ihr Räderwerk abſchnurren läßt, eine Spieldoſe, die ihr Liedlein ableiert? Leben wir in einer mechaniſchen Welt, oder giebt es noch ein beſonderes Geſetz des Lebens, das dich in gleicher Weiſe durchdringt wie das Gänſeblümchen am Wege?

Heißt es auch bei dir: „Ein Narr wartet auf Antwort?“ oder ahnſt du eine ewige Weisheit, welche nicht in blinden, mechaniſchen, ſondern in einſichtsvollen, zweckmäßigen Geſetzen die wunderbare Welt regiert? Und auf welcher Seite bleiben bei dieſen beiden Auffaſſungen die größeren Rätſel?

Und biſt du, lieber Leſer, mir mit ein wenig Teilnahme durch die Pflanzenkunde bis hierher gefolgt, ſo habe ich als Führerlohn eine kleine Bitte und die lautet: Wenn du dieſes Büchlein aus der Hand gelegt haſt, dann lege damit doch die Pflanzenkunde nicht aus der Hand, ſondern forſche nun ſelbſt in dem großen Buch der Natur, wo alles, was du hier geleſen haſt, viel deutlicher und kräftiger und anregender geſchrieben ſteht, als meine ſchwache Feder es vermochte.

Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Geſetze,
Jede Blume, ſie ſpricht lauter und lauter mit dir.
Aber entzifferſt du hier der Gottheit heilige Lettern:
Ueberall ſiehſt du ſie dann, auch im veränderten Zug.

# Register.


Ableger 129.
Absenker 129.
Abort 85.
Ackergauchheil 99.
Ahorn 99, 103.
Adern 29.
Adventivsprosse 47, 51.
Aehre 48 ff.
Aestivation 76.
Aether'sches Oel 27.
Agaven 69.
Agrimonia eupatoria 104
Algen 79, 80, 104, 119, 120, 124, 125, 129.
alternierend 84.
Ampelpflanzen 125.
Anatomie 9.
anatrop 95.
Androeceum 92.
Anemone 94.
Angiospermen 97.
Anschluß der Blüte 86.
Anthere 92.
Apfelfrucht 100.
Archegonium 130.
Arbeitswerkzeug 33.
Arbeitsteilung 79.
Arillus 105.
Aristolochia 131.
Aronsstab 118.
Asparagus officinalis 67.
Assimilation 107, 114.
Atemhöhle 111.
Atmung 9, 117.
Atriplex latifolia 53.
atrop 95.
Ausläufer 64, 72, 129.
Außenkelch 88, 91, 99.
Auswurfstoffe 27.

Bärenklau 99.
Bakterien 113, 129.
*Balgfrucht 99.*
*Balsamstoffe 28.*
Bast 20, 23.
Baumechanik der Achse 44.
Beere 100.
Befruchtung 96, 97, 104, 130. 131.
Begonia 47, 89, 129.
Berberitze 70.
Besenstrauch 112.
Bestäubung 131 ff.
Biegungsfestigkeit 31, 45.
Bienensaug 86.
bilateral 58.
Bingelkraut 54.
Binse 22, 49.
Biologie 9.
Blatt 29, 35, 51.
Blattfläche 53.
Blattgrund 51, 61.
Blattgrün 14, 114.
Blattstellung 58.
Blattstiel 51, 52.
Blaubeere 136.
Blumenblätter 59, 83.
Blumenkrone 87, 89.
Blüte 62, 88, 118.
Blütenboden 87.
Blütenhülle 83, 88 ff.
Blütensproß 82.
Blütenstand 82.
Blütenstaub 91, 92.
Bohne 51, 60, 72, 105, 108, 125.
Bohrapparat 98.
Borke 26.
Brennhaare 81.
Brennnessel 78.
Brombeere 101.
Brutknospen 50, 129.
Buche 60, 97, 132.
Bryonia dioica 74.

Calluna vulgaris 93.
Cardiospermum halicacabum 95.
Carpell 93.
Cellulose 12.
Centaurea scabiosa 102.
Characeen 80.
chemische Grundstoffe 107.
Chlorophyll 14, 19, 114.
Cladodien 69, 80.
Clematis 103. [126.
Colchicum autumnale
Convalearia majalis 53.
Convolvulus 97.
Crataegus oxyacantha
Cuscuta 78. [70.
Cyclanthera pedata 56.
cymös 48.
cymöse Dolde 49.

Dachig 86.
Diagramm 84 ff.
Diastase 116.
Dichasium 49.
Dichogamie 131.
Dichotomie 48.
Dickblätter 69.
Dickenwachstum 13. 22, 31.
Diffusion 110.
Dikotyledonen 57, 60.
Dimer 84.
Dionaea 75.
Diosmose 12. [98.
Diplotaxis tenuifolia 88,
Distus 87, 99.
Dolde 48, 49.
Doldengewächse 87, 99.
Dornen 42, 70, 81.
Drosera 73, 75.
Drosophyllum 74.
Drüse 87.
Drüsenhaare 81.
Dunkelstarre 128.

Echte Früchte 98 ff.
Eibe 105.
Eiche 54, 97 ff., 132.
Eichel 105.

eingeschlechtig 84.
Eiweißkörper 11.
Eizelle 95, 130.
Elementarorgan 10.
Embryo 104.
Embryosack 94, 95, 105.
Endosperm 104.
Entwicklungsgeschichte 37 ff. 85, 106.
Enzyme 116.
Epheu 42, 72.
Epidermis 19, 45.
epigyn 88.
Erbse 52, 60, 73, 86, 94, 95, 99, 108.
Erdbeere 65, 72, 100.
Ernährung 9, 106 ff.
Ernährungsgewebe 111.
Ernährungsorgane 109.
Esche 88.
Etiolement 122.
Eucalyptus 61.
Exine 92.

Fahne 134.
Fallschirm 103.
Fangapparat 73.
Fanghaare 81.
Farbstoff 15.
Färberginster 134.
Farne 81, 130, 131.
Farnsproß 80.
Faserwurzel 40, 41.
Faserzellen 23.
Fäulnisbewohner 116.
Federnelke 69.
Fettpflanzen 112.
Fichtenspargel 78.
Fieberbaum 61.
Filament 92.
Flachs 78.
Flachsproß 80.
Flachsseide 78.
Flechten 43, 58, 124.
Flockenblume 102.
Florideen 130.
Flügel 134.
Flügelfrucht 99.
Flugorgane 89, 102, 103, 136.
Fortpflanzung 9, 82, 106, 128 ff.
*freiblättrig 88.*
*Fremdbestäubung 131.*
*Frucht 97 ff.*
*Fruchtblätter 88, 94.*
*Fruchtboden 87.*
Fruchtkörbchen 102.
Frühjahrsholz 25.
Fuchswein 54.
Funikulus 95.

Gabelung 48.
Gameten 129.
Gänsefingerkraut 48.
Gasaustausch 19.
Gefäß 16, 21.
Gefäßbündel 20, 29, 44, 80, 110.
Gefäßteil 20, 30.
Geisblatt 133.
Geleitzellen 21.
genagelt 89.
Genista tinctoria 134.
Geotropisch 121.
Geotropismus 41, 63, 125.
Gerbstoff 16.
Gewebearten 17.
Ginster 112.
Glaskraut 72, 126.
Glechoma hederacea 64.
Gliederschote 99.
Glockenblume 90.
Goldrute 90, 91.
Gras 22.
Grasfrucht 98.
Gräser 52, 57, 60, 65, 103.
Griffel 94, 96, 97.
Grundgewebe 19 ff., 29, 44.
Gummi 28.
Gundelrebe 54, 64.
Gurtungen 44.
Gymnospermen 97.
Gynaeceum 93.

Haarbildungen 81.
Haarkrone 89, 90, 103.
Habichtskraut 65.
Hahnenfuß 21
Hahnenfußgewächse 94.
Hahnenkamm 78.
Hainbuche 103.
Hanf 78.
Harz 27 ff.
Hasel 97, 99, 126, 132.
Hauslauch 69.
Haustorien 43.
Hautgewebe 19.
Hederich 99.
Heidelbeere 100.
Heliotropismus 122, 125, 126.
**Heracleum sphondylium 99.**
Herbstholz 24.
Herbstzeitlose 126.
Heterophyllie 61.
Hirtentäschel 99.
Hochblätter 59, 62, 82, 91 103.
Holz 23, 123.
Holzfaserzellen 21.
Holzpflanzen 46.
Holzprosenchym 21.
Holzteil 20.
Honiggefäß 91.
Hopfen 72.
Hüllblätter 102.
Hülse 99.
Hülsenfrüchtler 113.
hypogyn 88.
hypokotyles Stengelglied 50.

Jahresringe 25.
Imbibition 123.
Impatiens 102.
Insektenfressende Pflanzen 73, 75, 81, 116.
Insertionsverhältnisse 87.
Integumente 95.
Intercellularräume 13, 20, 28, 30.
Internodien 47.
Intine 92.
Johannisbeere 100, 136.
Johanniskraut 49.
Jussieua 43.

Kakteen 68.
Kältestarre 128.
Kambiform 22.
Kambium 20, 22 ff., 29, 124.
Kamille 48.
Kamptylotrop 96.
Kannenpflanze 76.
Kapsel 99.
Kapuzinerkresse 73.
Kartoffelkrankheit 130.
Karyopse 98.
Keimblätter 50, 59.
Keimling 60, 104, 106.
Keimpflänzchen 60.
Keimung 89.
Kelch 87 ff., 99, 134.
Kelchblätter 83.
Kernfäden 12.
Kernkörperchen 11.
Kernplatte 12.
Kiefer 105.
Kiefernzapfen 97.

Kirsche 33, 57, 101, 136.
Kladodien 69. 80.
klappig 86.
Klee 48, 78, 128.
Kleewürger 78.
Klebstoff 28.
Kletterſproß 70.
Knabenkraut 78, 91.
Knolle 65, 66, 129.
Knöllchen 104.
Knoſpe 38, 50, 65, 118.
Knoſpenkern 94, 95, 105.
Knoſpenſtamm 49 ff.
Knoten 47, 51.
Knöterich 95.
Kohl 31, 84.
Kollenchym 18, 44.
Kompoſiten 90, 93, 103, 127.
Koniferen 84.
Konnektiv 92.
Köpfchen 48.
Kopulieren 129.
Körbchen 48.
Kork 26. 112.
Korkkambium 26.
Kornblume 51, 127.
Kornrade 99.
Kothledonen 59, 98, 104.
Kraut 48.
Kraſſulaceen 69.
Kreuzblüte 85.
Kreuzblütler 84, 90, 99.
Kriſtall 16.
Krone 88.
Kryptogamen 79.
Kupula 103.
Kupuliferen 97.
Kürbis 73.

Labkraut 72, 103.
Lagerſproß 79.
Lamium 53.
Längsſpannung 123.
Laubblätter 59, 61.
Lebensdauer 46.
Lebenskraft 124
Leguminoſen 108, 113, 128.
Leimzotten 81.
Leitbündel 20.
Leitung des Waſſers 110.
Leitungsſyſtem 20.
Lilien 57, 85, 94.
Lippenblütler 87, 90, 91.
Lobelia erinus 93, 97.
Lockapparat 92, 96.
Löwenmaul 132.
Löwenzahn 48, 64, 89, 128.
Luftwurzel 42, 72, 78.
Lupinus 93.

Maiblume 53, 56, 57, 65.
Mais 108.
Malven 91, 99.
Mammillaria centricirrha 68.
männliche Blüte 84.
Mangrovebaum 42.
Mark 23, 123.
Markſtrahlen 23.
Mauer-Leinkraut 125.
Mauerpfeffer 69.
Mauerpflanzen 125 ff.
Maurandia 93.
Melde 57.
Mercurialis annua 54.
Meriſtem 33.
Metamorphoſe 42, 62, 83.
metamorphe Formen 46.
Metamorphoſenſtufen 59, 65.
Mikrophle 95 ff.
Milchſaft 24.
Milchſaftröhren 17.
Mimosa 127.
Mimulus 86, 89.
Mina lobata 55.
Miſtel 77.
Mohn 89, 94, 99.
Möhre 3 , 40.
Monokotyledonen 45, 57, 60.
Monopodium 48.
Mooſe 37, 43, 80, 121, 130, 136.
Mooskapſel 130.
Mooſſproß 80
Morphologie 9, 37.
Muskatnuß 105.

Nabel 95 ff.
Nabelſtrang 95.
Nachtſchatten 84, 100.
nackte Blüte 88.
Nädelhölzer 28, 60.
Nahrungsmittel 107.
Narbe 88 ff., 94, 96 ff., 131.
Narziſſe 92.
Nebenblatt 51 ff., 56, 61.
Nebenblattbildungen 92.
Nebenkrone 92.
Nektarium 91.
Nelken 47, 87, 89 ff.
Nelkenwurz 98.
Nepenthes 76.
Nereum 53.
Nerven 29.
Nervatur 55.
Niederblätter 59 ff., 65 ff.
Nießwurz 91.
Nucellus 95.
Nuß 98 ff., 105, 136.
Nutationsbewegung 126.

Oberblatt 61.
Oberhaut 19, 25, 30, 45, 112.
Oberſtändig 88
Obermennig 103, 104.
Ofulieren 129.
Oleander 53.
Ooſpore 130.
opponiert 84.
Orchideen 93.
Organ 10, 33 ff.
Organismen 10.
Orobanche 78.

Palliſadenſchicht 30, 111.
Pandane 42.
Päonie 99.
Pappel 132
Pappus 89, 103.
Paraſiten 78, 116.
paraſitäre Lebensweiſe 77.
Parenchym 18. 20, 24, 30, 110, 127.
Parietaria diffusa 72.
pentamer 84.
Perigon 83, 88.
perigyn 88.
Perikambium 31.
Persica vulgaris 100.
Petunia hybrida 93.
Pfahlwurzel 40.
Pfirſich 100.
Pfropfen 129,
Phaseolus multiflorus 51.
Phosphoreseenz 119.
Phyſiologie 9.
Pilze 79, 80, 114, 120, 125 129.
Pilzgewebe 119.
Piſtill 83.
Palmen 60.
Placenta 94.
Plasma 11.
Plumula 50, 98.
Pollenkorn 92, 94, 96, 131
Pollenſäcke 93.
Pollenſchlauch 94.
Primel 91.
Primordialblatt 61.
Primordialſchlauch 14.
Proſenchym 18.

Proteïnkörner 16.
Protoplasma 11, 125.
Protoplast 11.
Pulicaria dysenterica 90.

Querspannung 128.
Quercus 98.

racemös 48.
Rafflesia Arnoldi 79.
Rampe 98.
Ranken 86, 72, 74, 122, 126.
Rankenpflanzen 72.
Ranunculus repens 21
reduzierte Formen 86, 77.
regelmäßige Blüte 86.
Reizbewegung 124.
reparative Wurzelsprosse 47,
Reseda 48.
Reservestoffe 15, 66, 105.
Reservestoffbehälter 115.
Rhizom 65.
Riedgräser 65.
Rinde 123.
Ringelborke 26.
Rispe 49.
Röhrenblüten 90.
Rose 54.
Rosengewächse 87, 90, 91.
Rose von Jericho 124.
Rosa canina 56.
Roßkastanie 81.
Rotalgen 130.
Rübenwurzel 40.
Rubus fruticosus 101.
rudimentäre Formen 86, 79.
Ruhrkraut 89, 90, 91.
Rühr-mich nicht-an 102.
Runkelrübe 31.
Ruta 131.
Rutengewächse 112.

Samen 97, 104, 118.
Sameneiweiß 60, 104, 105.
Samenknospen 94, 95, 104, 131.
Samenlappen 9, 104.
Samenpflanzen 79.
Samenschale 105.
Saftfrucht 98, 100, 105.
Salpiglossis 93, 97.
Salvinia 73.
Sammelfrüchte 97, 100.
*Sammelzellen 80.*
*Saprophyten 116.*
*Sarothamnus scoparius 97.*
*Sarracenia 76.*
Saudistel 103.
Saughaar 41.
Saugorgane 78.
Saugwarzen 73.
Säulenfestigkeit 45.
Schachtelhalm 65.
Scheide 52.
Scheinachse 49.
Scheinfrucht 97 ff.
Schiefblätter 127.
Schiffchen 134.
Schimmelpilze 43, 79.
Schirling 48.
Schlafbewegung 128.
schlafende Knospen 50.
Schläuche 28.
Schlehe 70.
Schließfrucht 98 ff.
Schließzellen 19, 112.
Schlingpflanzen 71.
Schleuderwerke 102.
Schmarotzer 37, 77 ff, 116, 118.
Schmetterlingsblüte 133 ff.
Schmetterlingsblütler 99.
Schneeball 52, 57.
Schneebeere 52, 56.
Schote 98, 99.
Schraubel 49.
Schuppenborke 26.
Schutzscheide 21.
Schwammgewebe 13, 80, 111.
Schwärmsporen 125.
Schwarzwurz 28.
Schwellpolster 126, 127.
Schwimmblätter 62.
Schwimmorgane 73.
Scirpus 97.
Selbstbestäubung 131.
Siebröhren 13, 17, 21, 23.
Siebröhrenteil 20, 30, 116.
Sinnpflanze 127.
Sklerenchym 18.
Solanum 84, 100.
Soldanellen 118.
Solidago virgaurea 90.
Sonchus oleraceum 103.
Sonnentau 73.
Spaltfrucht 98, 99.
Spaltöffnungen 19, 111.
Spargel 67.
Spermatozoiden 130.
Spindelfasern 12.
spiralig 58.
Spirre 49.
Sporenpflanzen 79.
Sporogonium 130.
Spreite 36, 51, 53.
Spreuschuppen 81.
Springfrucht 98, 99,
Sproß 85.
Sproßachse 43.
Sproßformen 62 ff.
Stacheln 70, 81.
Staminodien 93.
Stamm 43.
Stärkebildner 15.
Stärkekörner 15.
Stärkemehl 60.
Starre 128.
Staubblätter 83, 92.
Staubbeutel 88.
Staubfäden 83, 87, 88
Staude 46.
Stechapfel 101.
Steinfrucht 100 ff.
Steinzelle 13, 18.
Stempel 83, 87 ff, 93
Stengel 43.
Stiefmütterchen 52, 91
Stipulae 52.
Stoffwechsel 115.
Storchschnabel 98, 104
Stranggewebe 19 ff.
Strangscheide 31.
Sukkulenten 112.
Sukkulenz 67.
symmetrisch 86.
Symphoricarpus racemosus 52.

Tannenzapfen 97.
Taubblatt 74.
Teichlinse 43.
Teilfrucht 99.
tetramer 84.
Teufelszwirn 78.
Thunbergia alata 88, 91, 97.
Tierblütler 132.
Tracheiden 29.
Traganth-Pflanze 70.
Transpiration 19, 110.
Transpirationsgewebe 1
Träger 44.
Traube 48, 49.
trimer 84.
Trockenfrucht 98.
Trockenstarre 128.
Tulpe 127.
Tulipa 85.
Tüpfel 18.
Turgor 128.
typische Form 36.

Ueberwinterungs-Organe 65.
umständig 88
unterständig 87.
Utricularia 75.

Vakuolen 11, 14.
Valeriana officinalis 97.
Variationsbewegung 127.
Vegetationspunkt 86.
Vegetationskegel 38.
vegetative Vermehrung 129.
Veilchen 91, 133.
Venusfliegenfalle 75,
Verbreitung der Samen 27, 101.
Vergißmeinnicht 49, 86.
Vermehrungssprosse 64.
verwachsen 88.
Viburnum 52.
Viola tricolor 93, 95.
Vitis vulpina 54.
Vorblatt 89.
Vorkeim 131.

Wachstum 9, 106, 119.
Wachstumsenergie 123.
Wachsüberzug 112.
Wallnuß 101.
Wärmeentwicklung 118.
Wärmestarre 128.
Wasserfarn 73.
Wassergewebe 67.
Wasserhahnenfuß 62.
Wasserkultur 108.
Wassernuß 104.
Wasserpflanzen 20.
Wasserschlauch 75.
Wasserspeicher 67.
Wasserverdunstung 110.
Wegerich 48, 57, 131.
weibliche Blüte 84.
Weide 88.
Wein 57, 73, 105, 122.
Weißdorn 70.
Wicke 128.
Wickel 49.
Windblütler 131.
windende Stengel 126.
Windenknöterich 127.
Windröschen 105.
Wollfilz 81.
Wolfsmilch 17, 28, 43.
Wucherblume 91.
Wurzel 29, 30, 35, 39, 109.
Würzelchen 39, 49, 98, 104.
Wurzeldruck 110.
Wurzelfrüchtler 73.
Wurzelhaare 80, 81, 109.
Wurzelhaube 39.
Wurzelstock 65.

Zaunrübe 73, 74.
Zelle 10.
Zellformen 13.
Zellkern 11.
Zellmembran 12
Zellsaft 14.
Zellwand 11.
Zugfestigkeit 31.
Zungenblüten 90.
zweigeschlechtige Blüte 84, 88.
Zwiebel 65, 66, 129.
Zwitterblüten 131.
Zygospore 130.